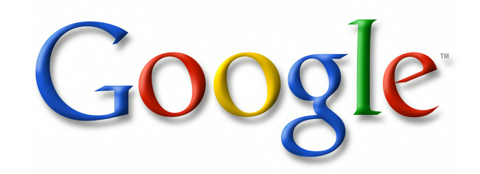
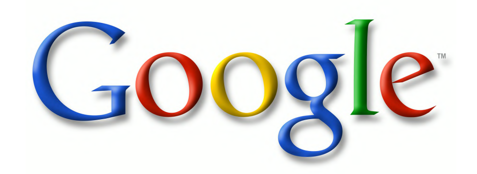




















Kirchhoff

Holzstiche
aus dem xylographischen Atelier
von Friedrich Vieweg und Sohn
in Braunschweig.

Papier
aus der mechanischen Papier-Fabrik
der Gebrüder Vieweg zu Wendhausen
bei Braunschweig.

79.

DIE

METALLURGIE.

GEWINNUNG UND VERARBEITUNG

DER

METALLE UND IHRER LEGIRUNGEN, IN PRAKTISCHER UND THEORETISCHER, BESONDERS CHEMISCHER BEZIEHUNG.

VON

JOHN PERCY, M. D., F. R. S.,
Professor der Metallurgie an der „*Government School of mines*" zu London.

ÜBERTRAGEN UND BEARBEITET

VON

DR. F. KNAPP,
Professor der technischen Chemie und Metallurgie am Polytechnicum zu Braunschweig,

UND

DR. HERMANN WEDDING,
Königl. Preuss. Bergrath und Docenten der Eisen-Hüttenkunde und Probirkunst an der Berg-Academie zu Berlin.

AUTORISIRTE DEUTSCHE AUSGABE UNTER DIRECTER MITWIRKUNG DES ENGLISCHEN VERFASSERS.

ZWEITER BAND.

EISENHÜTTENKUNDE.

ZWEITE ABTHEILUNG.

MIT ZAHLREICHEN IN DEN TEXT EINGEDRUCKTEN HOLZSTICHEN.

BRAUNSCHWEIG,
DRUCK UND VERLAG VON FRIEDRICH VIEWEG UND SOHN.
1868.

AUSFÜHRLICHES HANDBUCH

DER

EISENHÜTTENKUNDE.

GEWINNUNG DES ROHEISENS

UND

DARSTELLUNG DES SCHMIEDEEISENS UND STAHLS,

IN

PRAKTISCHER UND THEORETISCHER BEZIEHUNG,

UNTER

BESONDERER BERÜCKSICHTIGUNG DER ENGLISCHEN VERHÄLTNISSE.

NACH DEM ENGLISCHEN DES

JOHN PERCY, M. D., F. R. S.,

Professor der Metallurgie an der „*Government School of mines*“ zu London,

FREI BEARBEITET

VON

DR. HERMANN WEDDING,

Königl. Preuss. Bergrath, Docenten der Eisen-Hüttenkunde und Probirkunst an der Berg-Academie zu Berlin, Mitgliede der technischen Deputation für Gewerbe, Ritter des Königl. Schwedischen Nordsternordens.

IN DREI ABTHEILUNGEN.

ZWEITE ABTHEILUNG.

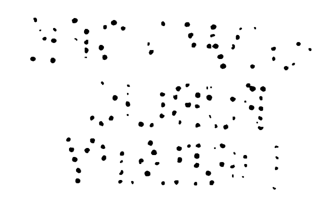
MIT MEHREREN HUNDERT IN DEN TEXT EINGEDRUCKTEN HOLZSTICHEN.

BRAUNSCHWEIG,

DRUCK UND VERLAG VON FRIEDRICH VIEWEG UND SOHN.

1868.





Inhaltsverzeichniss

des zweiten Bandes (zweiter Abtheilung)

der Eisenhüttenkunde.

Seite



Inhaltsverzeichniss.

Berichtigungen.

Seite 39 Zeile 21 des Textes von oben lies Lürmann statt Lurmann.
„ 66 „ 2 „ „ „ unten „ Dowlais „ desgl.
„ 124 „ 19 „ „ „ oben „ Verticale „ Horizontale.
„ 140 „ 5 „ „ „ unten „ $12,5 \times 0,030972$ st. $12,5 + 0,030972$.
„ 178 „ 10 „ „ „ „ „ *i* statt *b*, und ebenso an dem unteren Ausflussrohre der Fig. 143, *i* statt *b*.
„ 184 unter b, *β*, 1—3 lies 3224 statt 13014, wodurch das Resultat in der letzten Zeile sich noch günstiger, nämlich auf nur „0,766 Pfennig“ stellt.
„ 186 Zeile 10 und 12 von oben lies 5600 statt 4600.
„ 196 „ 13 des Textes von unten lies worden statt werden.
„ 205 „ 6 „ „ „ „ „ 2684^0 statt 2864^0.
„ 287 „ 2 der Anmerkung von unten lies $CO_2 + CO$ statt $2\,CO_2$.
„ 306 Fig. 172 muss die Zahl 517^0 fortfallen.
„ 484 Zeile 1 des Textes von oben lies *k* statt *K*.
„ 499 „ 27 „ „ „ „ „ Pappenheim statt Pappenhein.
„ 851 füge als neue Quelle hinzu: Denkbuch des österreichischen Berg- und Hüttenwesens. 1873.
„ 857 „ „ „ „ „ Åkerman: Ueber den Standpunkt der Eisenfabrikation in Schweden 1873.

Vorrede des Bearbeiters zum zweiten Bande.

Zwischen dem Erscheinen der letzten Lieferung des ersten Bandes der Eisenhüttenkunde und der vorliegenden ist ein längerer Zeitraum verflossen. Der Bearbeiter war theils durch andere, namentlich die Pariser Industrieausstellung betreffende Arbeiten behindert, theils wurde es ihm schwierig, sich über das Verfahren bei der Fortsetzung des Werkes zu entscheiden. So vortrefflich das Percy'sche Werk auch in den meisten Beziehungen ist, so würde doch die Disposition des technischen Theils den deutschen Leser nicht befriedigen. Es sind z. B. gleich im Anfange des Capitels über die Hochöfen, welches der allgemeinen Construction derselben gewidmet sein soll, die ganzen Betriebsverhältnisse eines schwedischen Holzkohlen-Eisenwerkes, die Aussichten, welche die Anthrazitroheisen-Industrie in Nordamerika hat, und Aehnliches mehr gegeben worden, während sich bei der Schilderung der englischen Hochöfen sachgemäss nichts Derartiges findet. Andere Capitel, wie das Rösten der Eisenerze, sind im Originale gar nicht, noch andere, wie die Gebläse äusserst kurz behandelt. Eine einfache Bearbeitung in Form einer mit Zusätzen versehenen Uebersetzung würde daher eine so grosse Anzahl von Noten erfordert haben, dass die Uebersichtlichkeit gelitten hätte. Um indessen bei der schliesslich gewählten vollkommen freien Bearbeitung da, wo theoretische

Ansichten ins Spiel kommen, und namentlich da, wo die Ansichten des Bearbeiters nicht mit denen des Verfassers übereinstimmten, dem letzteren nicht Unrecht zu thun, sind in solchen Fällen die Meinungen desselben mit dem Zusatze: „Percy's Ansichten" stets wörtlich aufgeführt. Wir hoffen hierdurch trotz der freien Bearbeitung das Originelle des Originals nicht angetastet zu haben.

Gern und dankbar gedenken wir hier der Unterstützung, welche Herr Chemiker Otto Brandes zu Braunschweig durch genaue Revision aller Rechnungen, Tabellen, Zahlen u. s. w. dem Werke hat angedeihen lassen.

VIERTER ABSCHNITT.

DER
HOCHOFEN-PROCESS.



Der Hochofenprocess.

Während diejenigen Processe, welche den Zweck haben, direct aus dem Erze schmiedbares Eisen darzustellen und welche im vorigen Abschnitte beschrieben worden sind, nur eine sehr beschränkte Anwendung erleiden, wird der bei Weitem grösste Theil des in der Technik benutzten Eisens und Stahls auf die Weise dargestellt, dass man aus den Erzen zuerst ein hoch gekohltes Eisen, Roheisen, erzeugt und diesem dann den Kohlenstoff, das Silicium und andere in dasselbe übergegangene Stoffe durch Oxydationsprocesse theilweise oder ganz wieder entzieht. Der erste Theil dieses Processes geschieht in Schachtöfen, welche man wegen ihrer Grösse Hochöfen, auch wohl Hohöfen nennt. Die Beschreibung dieser Oefen und ihrer Hülfs- und Nebenapparate, sowie der Vorgänge, welche bei der Erzeugung des Roheisens in denselben stattfinden, und der Arbeiten, welche hierbei nöthig sind, bildet den Gegenstand des vorliegenden Abschnittes.

Nach dem, was im ersten Abschnitt über die Reduction der Oxyde des Eisens durch Kohlenstoff und Kohlenoxyd, sowie über die Bedingungen, unter denen das Eisen Kohlenstoff aufnimmt, auseinandergesetzt ist (vergl. S. 116 u. f., S. 130 u. f.), wird es nicht schwierig sein, die chemischen Vorgänge im Hochofen bei der Erzeugung von Roheisen zu verstehen. Wenn der Hochofen (*blast-furnace*) in Gang gesetzt oder, wie man technisch zu sagen pflegt, angeblasen ist, so werden die eisenhaltigen Materialien (deren wesentlicher Theil in Eisenoxyd besteht), ferner die Zuschläge oder Flussmittel (*flux*, meistens Kalkstein) und das Brennmaterial (*fuel*) beständig von oben in den Ofen geworfen, so dass das Innere des letzteren stets gefüllt bleibt, während Schlacke (*cinder*) und Roheisen (*pig-iron*) sich ebenso beständig im unteren Theile des Ofens, dem Gestell (*hearth*) ansammeln; die Schlacke fliesst stetig aus dem Ofen durch eine Oeffnung, welche durch den Wallstein (*dam*) begrenzt zu werden pflegt; das Eisen wird von Zeit zu Zeit durch eine sonst geschlossene Oeffnung, das Stichloch (*tapping-hole*), abgelassen. So sinkt der feste Inhalt des Ofens allmälig und ununterbrochen herab. Umgekehrt dagegen dringt nahe dem Boden, durch die Formen, ein Strom atmosphärischer Luft (Wind, *blast*) ein, welcher unter theilweiser Veränderung seiner chemischen Zusammensetzung aufwärts steigt, so dass ebenfalls ein Gasstrom beständig aus dem oberen Theile des Ofens ent-

weicht oder von dort in Röhren fortgeführt wird, um zu anderen Zwecken verwendet zu werden. Der Sauerstoff der eingeblasenen Luft nämlich, wenn er durch die Formen auf die stark glühenden Kohlen strömt, wird in grösserem oder geringerem Grade in Kohlensäure umgewandelt, welche unmittelbar darauf zu Kohlenoxydgas reducirt wird. Wenn nun der Ofen keine oxydirte, der Reduction durch Kohlenoxyd fähige Substanzen und keine bei hoher Temperatur flüchtige Stoffe enthielte, so würde der aufsteigende Gasstrom keine weitere Veränderung erleiden, sondern es würden am oberen Theile des Hochofens, der Gicht (*top*), nur Stickstoff und Kohlenoxydgas austreten. Dies ist nun aber nicht der Fall. Es findet sich Eisenoxyd vor, welches leicht durch Kohlenoxyd reducirbar ist, ferner Kalkstein, welcher leicht in Kalk und Kohlensäure zerlegt wird, und, da kein absolut reiner Kohlenstoff angewendet wird, so entwickeln sich aus dem Brennmaterial auch noch flüchtige Verbindungen. Das Eisenoxyd wird zwar bei seinem Niedergange theilweise schon durch die directe Berührung mit der glühenden Kohle, hauptsächlich aber erst durch das Kohlenoxydgas in der früher angegebenen Weise reducirt. Die Temperatur des Ofens muss natürlich verhältnissmässig zur Tiefe von der Gicht zu wachsen, und in Folge dessen bei zunehmender Temperatur das reducirte Eisen im unteren und heisseren Theil gekohlt und in Roheisen umgewandelt werden, welches in geschmolzenem Zustande auf den Boden des Ofens tropft. Nun ist das Erz nicht reines Eisenoxyd (Oxydul oder Oxydoxydul), sondern es ist vermengt [illegible] erdige Substanzen, welche als sogenannte Gangart oder Lagerarten beigemengt sind (vergl. den zweiten Abschnitt), dahin gehört Kieselsäure, Thonerde u. s. w.; und auch das Brennmaterial enthält neben dem Kohlenstoff erdige Substanzen, die Asche. Um das reducirte Eisen vollständig von diesen Substanzen zu trennen, ist es nöthig, dieselben in den flüssigen Zustand überzuführen; gewöhnlich ist ihre Zusammensetzung jedoch nicht der Art, dass dies bei den zur Reduction, Kohlung und Schmelzung des Eisens angewendeten Temperaturen geschehen könnte, [illegible] Zuschläge, die Bildung einer leichter flüssigen Verbindung [illegible]. Kalk ist in den meisten Fällen ein ausgezeichneter [illegible] Zuschlag. Die Kieselsäure, welche in den Erzen [illegible] gebundenen Zustande oder in beiden Arten [illegible], würde, falls nicht etwa die übrigen erdigen Bestandtheile der Erze und der Asche hinreichend viel Basen enthalten, [illegible] zur Bildung von kieselsaurem Eisen [illegible] in die Schlacke gehend einen bedeutenden Eisenverlust mit sich bringen müsste, wenn nicht der Kalk als Base die Bildung einer solchen Verbindung verhinderte, oder, falls dieselbe entstanden ist, sie zersetzte [illegible] an Stelle des Eisenoxyduls träte. Ausnahmen von dieser Regel kommen allerdings, z. B. bei sehr schweren Gichten (*heavy burden*), das heisst einer grossen Menge eisenhaltiger Materialien im Verhältniss zu dem angewendeten Brennmaterial vor, und der Nachtheil wird aus bestimmten, einer späteren Erläuterung

vorbehaltenen Gründen dann auch wissentlich geduldet. Uebrigens spielt die Schlacke noch eine wichtige Rolle dadurch, dass sie das geschmolzene Metall im Heerde vor Entkohlung durch den oxydirenden Einfluss des Windes schützt.

I. Der Hochofen.

Ein jeder Hochofen besteht aus Mauerwerk, welches einen schachtförmigen Raum umgiebt. Der horizontale Querschnitt des inneren Raumes ist gewöhnlich in allen Höhen kreisförmig; der Radius dieser Querschnitte vergrössert sich von der oberen Oeffnung, der Gicht (*top*), allmälig und nimmt dann wieder bis zum Boden hin ab. Der Ofenraum besteht demnach aus zwei mit ihrer Basis aufeinander gesetzten abgestumpften Kegeln. Den weitesten Theil des Ofenraums, an welchem diese beiden Kegel zusammenstossen, nennt man Kohlensack, den darüber liegenden Theil Schacht (*shaft*), den darunter liegenden Rast (*boshes*). Häufig besitzen die Wände des letzteren nicht eine gleichmässige Neigung bis zum Boden, sondern haben im unteren Theile eine steilere, zuweilen verticale Stellung. Man nennt diesen letzteren Theil dann Gestell (*hearth*), mit welchem Namen man indessen auch dann, wenn die Neigung eine durchgehends gleichförmige ist, den unteren Theil von da ab, wo durch die Formen (*twyers*) der Wind eingeblasen wird, bezeichnet. Ausser der oberen Oeffnung, der Gicht, durch welche die festen Materialien in den Ofen gebracht werden und aus welchem die gasförmigen Producte entweder in die freie Luft, theilweise verbrennend als Gichtflamme, entweichen oder abgeleitet und an anderen Stellen verbrannt werden, um zur Erhitzung der Gebläseluft, zur Dampferzeugung u. s. w. zu dienen, besitzt der Hochofen im Gestell mindestens eine, gewöhnlich aber drei bis fünf, seltener mehr, kreisrunde, mit Metallröhren (Formen, *twyers*) ausgefütterte Oeffnungen zur Einführung der Verbrennungsluft, und eine Oeffnung am Boden zum Auslassen des Eisens (den Stich, *tapping-hole*). Entweder ist der unterste Theil des Ofens, in welchem sich die flüssigen Massen sammeln (der Eisenkasten) und sich die Schlacken von dem Eisen nach dem specifischen Gewichte trennen, eine einfache Fortsetzung des darüber liegenden Theils, oder aber es ist dieser Theil unter der Vorderwand des Ofens (der Brust, *breast*) hindurch verlängert und dann noch vorn durch einen Stein (den Wallstein, *dam*), in welchem das Stichloch liegt, abgeschlossen. Im ersteren Falle nennt man den Apparat Hochofen mit geschlossener Brust; es besitzt dann die Brust ausser dem Stichloch eine Oeffnung für den Abfluss der Schlacke. Im zweiten Falle heisst der Apparat Hochofen mit offener Brust, und die Schlacke tritt unter der Brust, deren untersten Theil man Tümpel (*tymp*) nennt, hervor in den Vorheerd (*forepart*) und fliesst über den Wallstein ab.

[illegible] von der Mittellinie die Anzahl der für den jedesmaligen Querschnitt im Umfange nöthigen Ziegeln angeben. An der äusseren Seite [illegible] befinden sich noch Zahlen für die Breite und Stärke der eisernen Ringe, welche das Gemäuer als Anker umgeben.

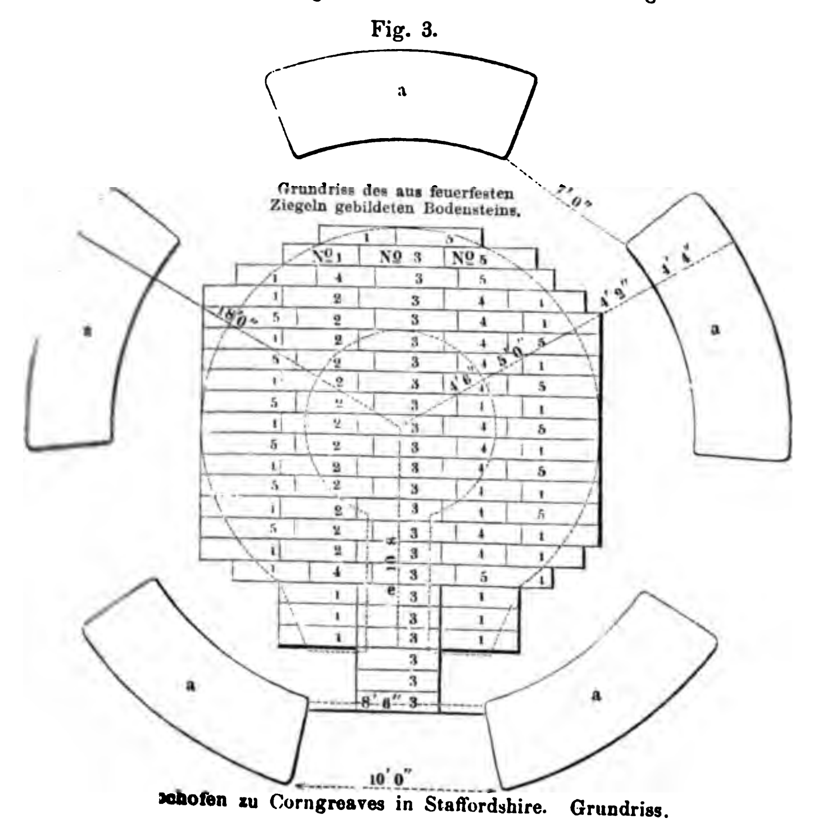
Der Schacht dieses Ofens hat einen kreisrunden Querschnitt und erweitert sich von der Gicht und vom Boden aus allmälig nach der Mitte, wie dies Fig. 1 (a. vor. S.) zeigt. Das Mauerwerk besteht aus einem inneren oder Kernschacht (*ring-wall*), welcher ganz aus feuerfesten Ziegeln errichtet ist, und einem äusseren oder Rauhschacht, welcher zum Theil aus feuerfesten, zum Theil aus gewöhnlichen Ziegeln besteht. Erstere sind hell, letztere dunkel schraffirt. Man nennt das innere feuerfeste Futter des Rauhschachtes, welches denselben für den Fall, dass der Kernschacht verletzt

Fig. 2.

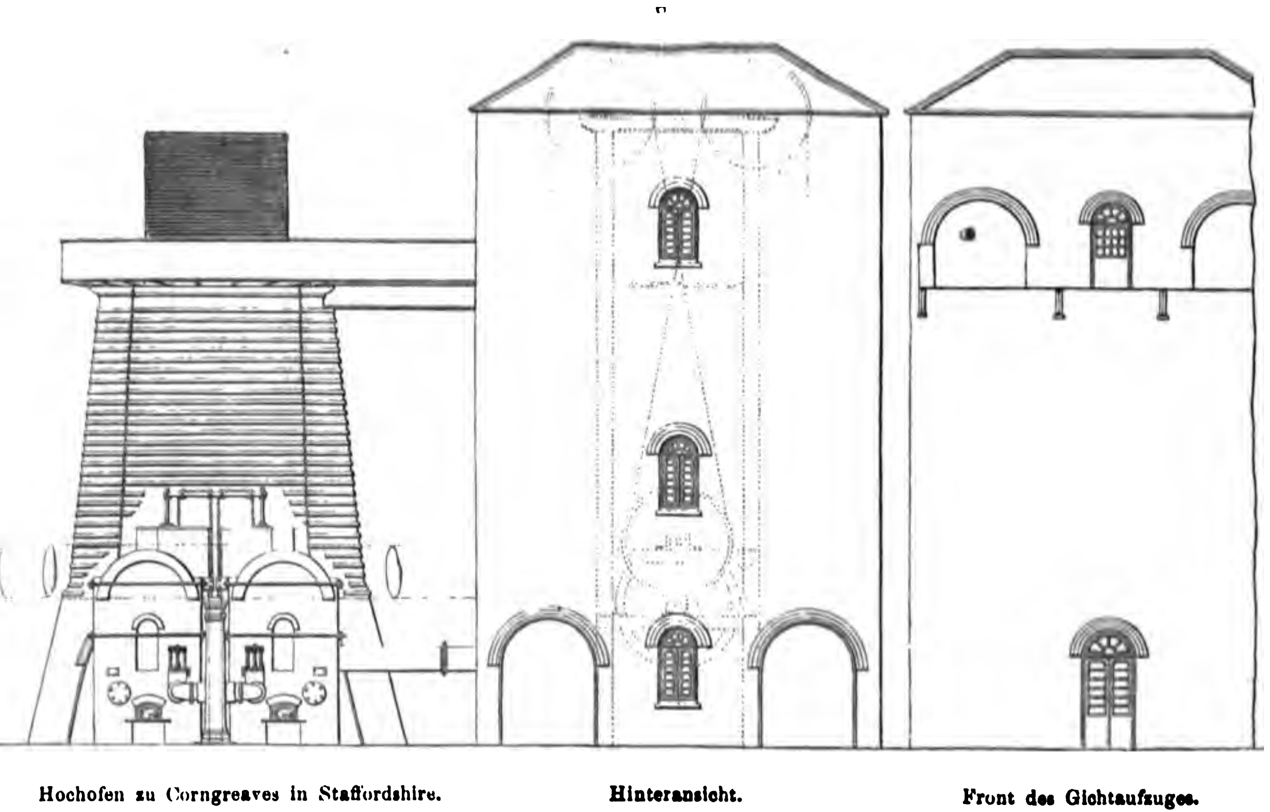
3' 9"	3' 9"	4' 0"	3' 0"	4' 6"
№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5
3' 3"	3' 9"	5' 0"	3' 0"	4' 0"

Hochofen zu Corngreaves in Staffordshire. Bodenziegel.

Fig. 3.



Hochofen zu Corngreaves in Staffordshire. Grundriss.



Hochofen zu Corngreaves in Staffordshire.

Hinteransicht.

Front des Gichtaufzuges.

Es möge an dieser Stelle erwähnt werden, dass die Dimensionen der Hochöfen im Inneren noch jetzt sehr verschieden sind, dass aber im Allgemeinen die älteren Oefen verhältnissmässig viel engere Gichten hatten, dass von dem Kohlensack an plötzlich, nicht durch eine Uebergangscurve vermittelt, die Verengung (Rast) eintrat, die Neigung der Rast gegen den Horizont (der Rastwinkel) eine verhältnissmässig geringe war und das Gestell, von beinahe oder ganz cylindrischer Form, einen nur kleinen Querschnitt hatte. Von den auf diese Weise abgegrenzten Zonen rühren noch die bereits erklärten technischen Bezeichnungen her, welche bei neueren Oefen, in denen die scharfen Grenzen ganz fehlen, oft kaum noch verständlich sind.

Der innere Hochofenraum ist durch feuerfestes Mauerwerk begrenzt, welches man Kernschacht (*ring-wall, inner-lining*) nennt. Zum Halt dieses Kernschachtes dient ein dasselbe umgebendes Gemäuer, der Rauhgemäuer (*outer-casing, shell*), welcher zuweilen auch nur durch einen eisernen Mantel vertreten ist. Um die unabhängige Ausdehnung beider Schächte zu gestatten, sind sie durch einen mit schlechten Wärmeleitern angefüllten Raum, die Füllung, getrennt. Zuweilen macht man mehr als zwei durch Füllungen getrennte, gemauerte Schächte und nennt dann die mittleren Füllschächte (*intermediate shells*). Die Construction der Hochöfen ist nicht nur in ihrer inneren Form und den Verhältnissen der einzelnen Dimensionen, sondern auch in der Art des Aufbaues des Mauerwerkes sehr verschieden, je nach den Sitten des Landes, der Ansicht der Erbauer und den localen Verhältnissen, so dass es nur wenige Gegenden giebt, in denen man zwei gleiche Hochöfen vorfindet. Es werden daher im Folgenden auch nur einige Hochofenconstructionen als typische Beispiele angeführt und daran zugleich die wichtigsten Variationen erläutert werden.

Hochöfen für Koks oder Steinkohlen.

Hochofen zu Corngreaves in Staffordshire.

Als typische Illustration eines modernen englischen Hochofens, in welchem Koks oder Steinkohle als Brennmaterial verwendet wird, ist ein im Jahre 1861 zu Corngreaves-Eisenwerk erbauter Hochofen, nach Zeichnungen des Herrn Kenyon Blackwell, gewählt worden.

Fig. 1 stellt einen Schnitt durch den Vorheerd und eine Form dieses Hochofens dar. Die Zahlen zur Linken von 8 Fuss 11 Zoll bis 9 Fuss 6 Zoll bedeuten die Radien des äusseren Umfangs der Ziegel, welche den Kernschacht bilden und welche von 9 Fuss 6 Zoll an bis zum Boden gleiche Länge haben. Die rechts davon liegende zweite Reihe Ziffern bezeichnet die Radien des inneren Schachtes; die verticale zur Linken der Mittel- des Schachtes befindliche Ziffernreihe nennt dagegen die Zahl der -ohten feuerfester Ziegel vom Boden aus gerechnet, während die Zif-

Fig. 1.

50 Ziegeln in jeder Reihe.

56

60

60

64

64

68

52

42

42

Radius.

4'. 6" 5'. 10" 4'. 2" 4'. 4"

17 Meter.

Decim. 10

50 Fuss preuss.

Zoll 12

50 Fuss engl.

Zoll 12

Hochofen von Corngreaves in Staffordshire.

fern rechts von der Mittellinie die Anzahl der für den jedesmaligen Querschnitt im Umfange nöthigen Ziegeln angeben. An der äusseren Seite rechts befinden sich noch Zahlen für die Breite und Stärke der eisernen Ringe, welche das Gemäuer als Anker umgeben.

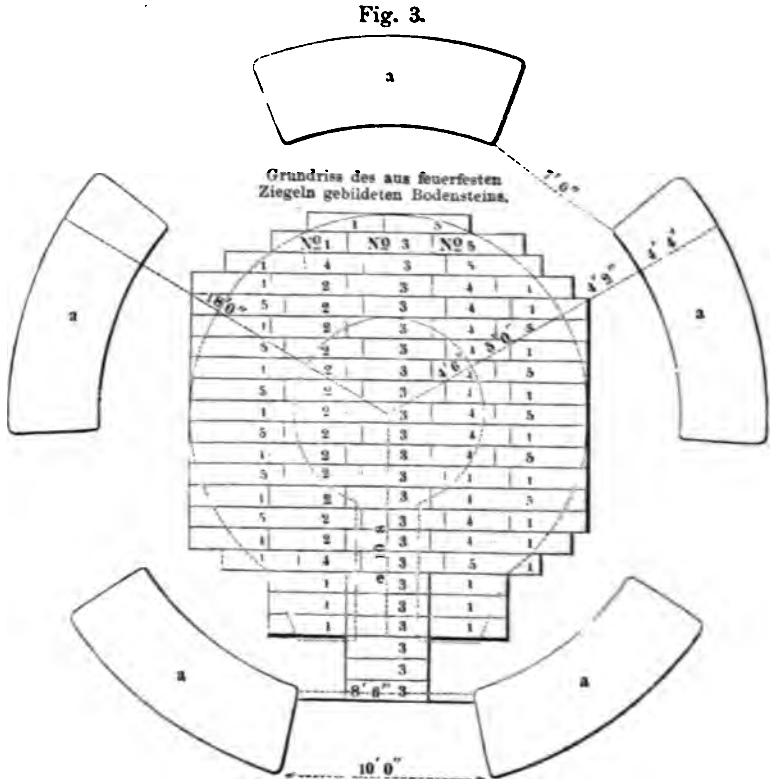
Der Schacht dieses Ofens hat einen kreisrunden Querschnitt und erweitert sich von der Gicht und vom Boden aus allmälig nach der Mitte, wie dies Fig. 1 (a. vor. S.) zeigt. Das Mauerwerk besteht aus einem inneren oder Kernschacht (*ring-wall*), welcher ganz aus feuerfesten Ziegeln errichtet ist, und einem äusseren oder Rauhschacht, welcher zum Theil aus feuerfesten, zum Theil aus gewöhnlichen Ziegeln besteht. Erstere sind hell, letztere dunkel schraffirt. Man nennt das innere feuerfeste Futter des Rauhschachtes, welches denselben für den Fall, dass der Kernschacht verletzt

Fig. 2.

3' 9"	3' 9"	4' 0"	3' 0"	4' 6"
№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5
3' 3"	3' 9"	4' 0"	3' 0"	4' 0"

Hochofen zu Corngreaves in Staffordshire. Bodenziegel.

Fig. 3.



Hochofen zu Corngreaves in Staffordshire. Grundriss.

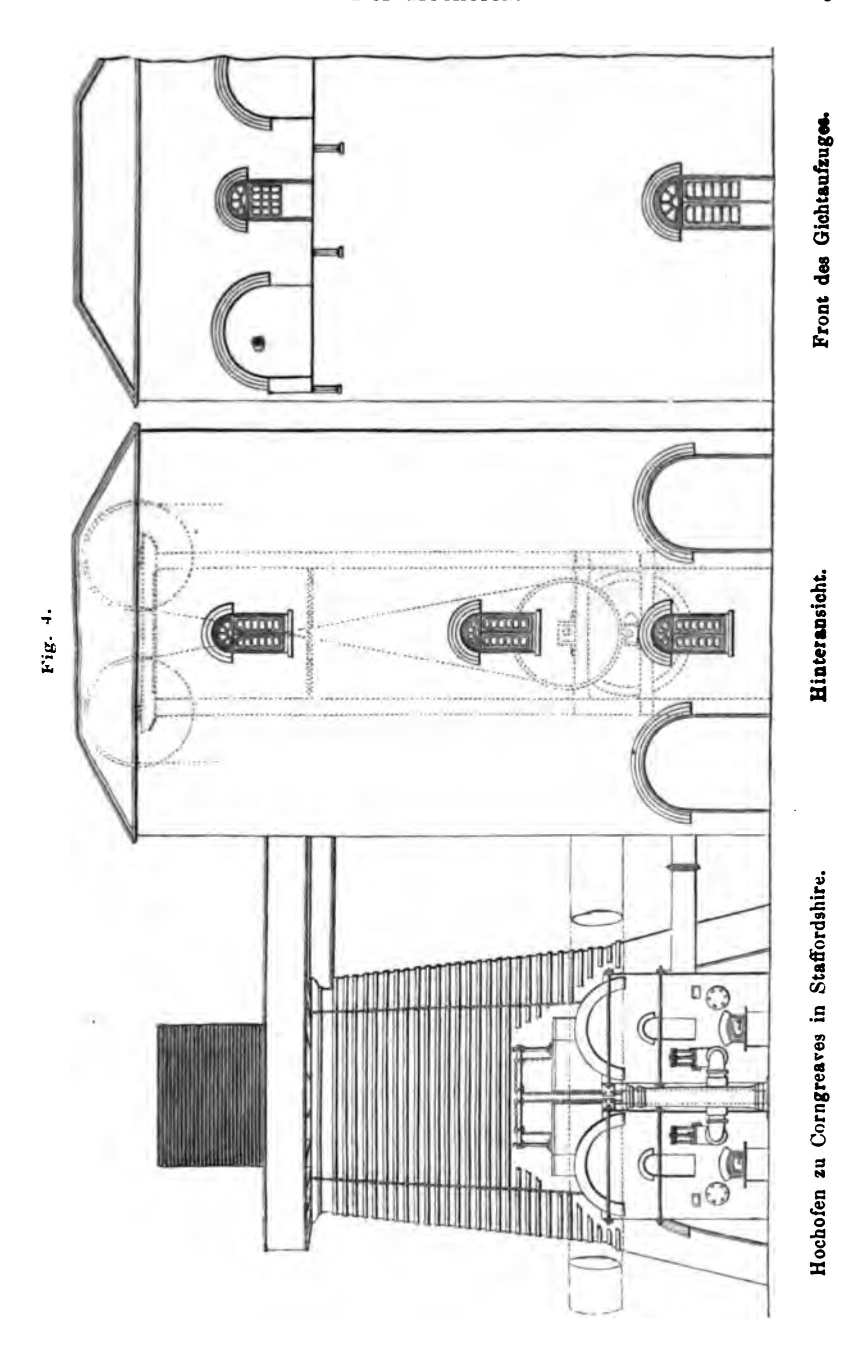


Fig. 4.

Hochofen zu Corngreaves in Staffordshire. Hinteransicht. Front des Gichtaufzuges.

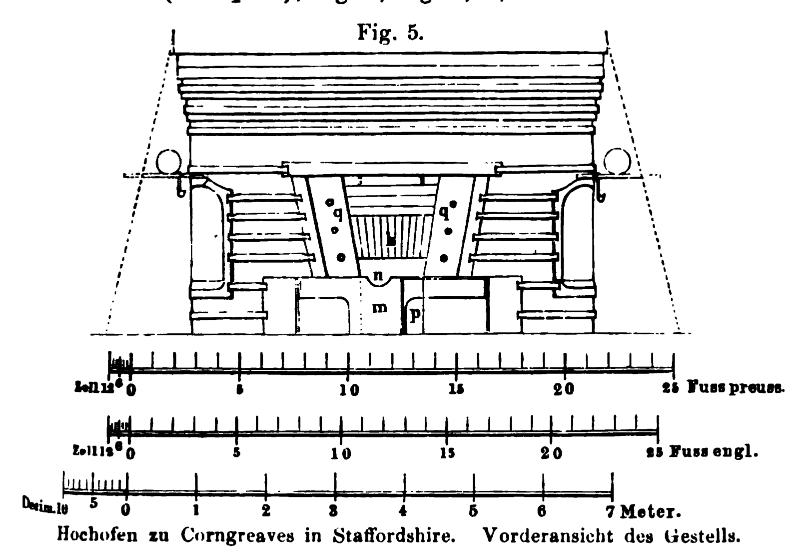
ist, schützt, das falsche Hemde. Das Rauhgemäuer wird von fünf Ziegelpfeilern *a a* (Fig. 1 und 3) getragen, welche auf einem festen Fundament ruhen. Diese Pfeiler (*pillars*), welche deswegen, weil ihrer gewöhnlich vier zu sein pflegen, Vierpass genannt werden, sind oben durch Gewölbe (*b*, Fig. 1) verbunden und bilden so eine feste und zusammenhängende Unterlage für den Oberbau. Der innere Theil oder der Kernschacht wird erst nach Vollendung des Rauhgemäuers eingesetzt und zwar der unterhalb *c* gelegene Theil zuletzt. Der letztere ist ganz unabhängig von dem oberen construirt, so dass er sich ohne Schwierigkeit erneuern (auswechseln) lässt. Der unterste Theil des Schachtes, etwa von *d* an, wird, wie bereits erwähnt, Gestell (*hearth*) genannt; er wird durch den horizontalen Bodenstein (*i*) nach unten begrenzt und verlängert sich nach vorn als Vorheerd (*fore-part*) *e*, Fig. 1 und 3. In einer bestimmten Höhe über dem Bodenstein (*hearth-bottom*) befinden sich in demselben Niveau vier viereckige Löcher, welche zur Aufnahme der Formen dienen (*f*, Fig. 1). Diese vier Oeffnungen und die Vorderseite mit dem Vorheerd bedingen hier die Zahl der fünf dazwischen liegenden Mauerpfeiler. Der Vierpass müsste daher in diesem Falle richtiger Fünfpass heissen. Die Gicht (*top*, *mouth*) des Ofens ist in Form eines cylindrischen Mantels nach oben verlängert. Man nennt diesen nur von vier gleichen rechteckigen Oeffnungen zum Aufgeben der Materialien (*filling-holes*, *h*, Fig. 1) unterbrochenen Mauertheil Gichtmantel (*tunnel-head*, *g*, Fig. 1).

Fundament. Bei dem vorliegenden Ofen beginnt das Fundament in Folge des schlechten Baugrundes 15 Fuss unter der Oberfläche mit einer 3½ Fuss dicken Lage eines Gemenges von zerbrochener Hochofenschlacke und Kalkmörtel. Hierauf ruhen die fünf Pfeiler, welche den ganzen Oberbau tragen. Der Bodenstein wurde folgendermaassen eingebaut: Der ganze leere Raum zwischen den Pfeilern ward mit Bruchstücken von feuerfesten Ziegeln und feuerfestem Thon bis zu 5 Fuss unter dem Boden des Gestells ausgefüllt; auf diese so gebildete zweite Lage kam eine Schicht von Gornal-Sandstein, 2½ Fuss stark, umgeben von Ziegelstücken; dann kam die letzte Lage, welche zugleich den eigentlichen Bodenstein bildet und, wie aus Fig. 2 und Fig. 3 ersichtlich, aus grossen, schwalbenschwanzförmigen, feuerfesten Ziegeln besteht, die gleichfalls eine Stärke von 2½ Fuss haben. Diese Form der Steine verhindert ein Heben derselben durch etwa darunter gelangendes flüssiges Eisen.

Das Gestell. Die Seitenbegrenzungen des Vorheerdes sind vertical im unteren Theile (Fig. 5, *p*), im oberen nach aussen geneigt (Fig. 5, *q*). Nach oben zu schliesst er sich vermittelst eines Gewölbes (Fig. 1 und 5, *k*), welches man Tümpelstein (auch kurzweg Tümpel, Timpel; engl. aber *tymp-arch*) nennt, an das Mauerwerk des Ofens. Das Gewölbe ist unten durch ein längliches, rechteckiges Gusseisenstück geschützt, welches Tümpeleisen (im Englischen dagegen nur *tymp*) heisst und welches im Inneren ein schmiedeisernes Rohr zur Circulation kalten Wassers enthält

rgl. Fig. 20, 21 und 22) [1]). Das Tümpeleisen ist durch schmiedeiserne ile an seinem Platze befestigt. Tümpeleisen und Tümpelstein bezeich- ; man oft mit dem gemeinschaftlichen Namen Tümpel. Der Heerd ist ch ausserhalb der Vorderkante des Tümpels verlängert, wie Fig. 1 und 8, *e*, ıgen. Er ist dann nach vorn durch einen Wall von feuerfesten Steinen, :lcher Wallstein oder Dammstein (*dam*) genannt wird, abgegrenzt (Fig. 1, *l*). ie innere Seite dieses letzteren ist nach aussen zu geneigt, während die ussere vertical abschneidet und durch eine starke gusseiserne Platte, das chlackenblech (*dam-plate*), Fig. 1, Fig. 5, *m*, verstärkt ist.

Fig. 5.



Hochofen zu Corngreaves in Staffordshire. Vorderansicht des Gestells.

An der oberen Kante dieser Platte befindet sich eine Ausrundung *n*, 'elche Schlackenspur (*cinder-notch*) genannt wird und zum Ablaufen der :hlacke aus dem Ofen dient. Der Schlackenstrom nimmt von dort seinen 'eg auf einer geneigten Ebene, der Schlackentrift (*cinder-fall*), abwärts ergl. Fig. 6). Am Boden des Wallsteins und (bei dem hier beschrie- nen Hochofen) an der rechten Seite vom Schlackenblech befindet sich ı mit dem Inneren des Heerdes communicirender Canal (das Stichloch, r Stich, *tapping-hole*, Fig. 5 und Fig. 8, *p*), durch welchen das flüssige heisen abgelassen (abgestochen, *tapped-out*) wird. In den Zwischen- ten wird diese Oeffnung durch Gestübbe (eine Mischung von Thon und hle oder Koks) [2]) verschlossen. Zuweilen bildet man die Mündung des chloches durch eine in dem Schlackenbleche ausgesparte Oeffnung, in-

[1]) Zeichnungen, welche allerdings nicht zu dem hier beschriebenen Ofen ge- 'en. Die Verfertigung solcher und ähnlicher Stücke geschieht auf die Weise, s das schmiedeiserne Rohr gleichsam als Kern in die Form aus Sand gelegt d mit Gusseisen umgossen wird.

[2]) Nicht mit Lehm oder Sand, wie Percy sagt, weil dies leicht ein Zu- melzen und sehr unangenehme Arbeiten beim Wiederöffnen veranlasst.

dessen wird dies Arrangement von vielen Hochofenmeistern getadelt, weil es im Falle von irgend welchen Versetzungen oder anderen Unfällen eine Verlegung des Stiches in ein höheres Niveau hindert.

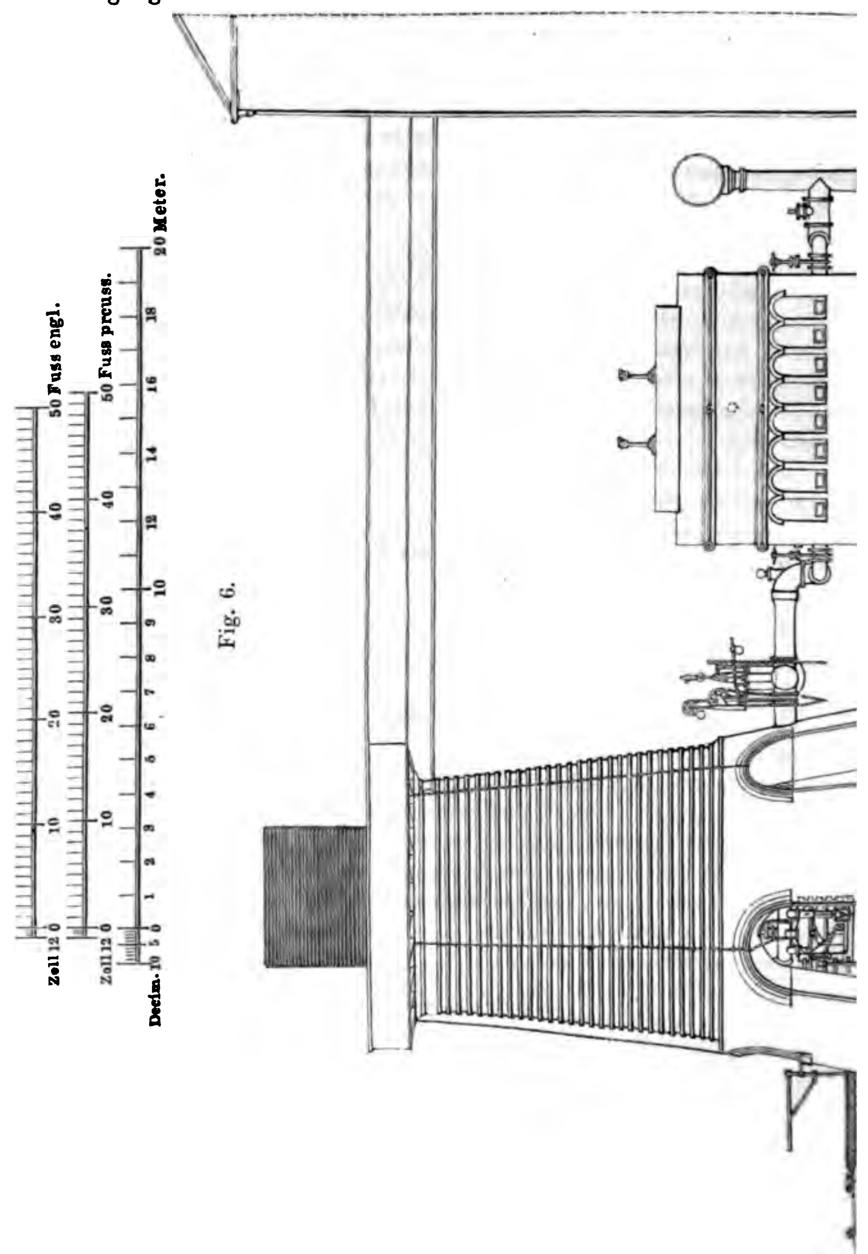


Fig. 6.

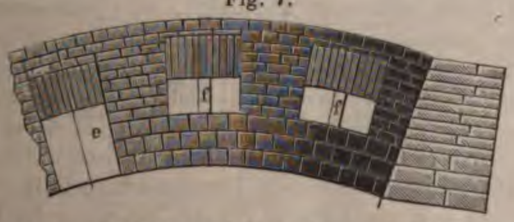
Es bleibt, wie man sieht, nach der angegebenen Construction eine Oeffnung zwischen der unteren Vorderkante des Tümpels und der oberen Hinterkante des Wallsteins, durch welche das Ofeninnere mit der Atmosphäre communicirt. Hiervon hat diese Ofenart den Namen Hochofen mit offener Brust, wogegen diejenige Ofenart, bei welcher kein Vorheerd angebracht, sondern die vordere Begrenzung wie das übrige Mauerwerk des Ofens bis auf den Bodenstein herabgezogen ist und einfach Oeffnungen zum Abstich des Eisens und der Schlacken enthält, bei welcher also gewissermaassen der Wallstein in ununterbrochener Fortsetzung des Tümpels liegt, Hochofen mit geschlossener Brust oder Blauofen genannt wird.

Die Oeffnung der Oefen mit offener Brust wird mit Sand oder Gestübbe mehr oder weniger vollständig bedeckt, und man trägt Sorge, dass später, wenn die Schlacke sich im Heerde zu hinreichender Höhe angesammelt hat, ein Canal für deren Abfluss gebildet wird. Nur in Holzkohlenöfen, in denen man es mit einer strenger flüssigen Schlacke zu thun hat, ist man genöthigt, die Schlacke mit Krücken von Zeit zu Zeit abzuziehen.

Auf jeder Seite vom Vorheerde befinden sich am Hauptmauerwerke starke gusseiserne Platten (*q q*, Fig. 5). Der untere Theil des Gestellmauerwerkes ist mit Eisenstangen, welche mit Schwalbenschwänzen in die sogleich zu beschreibenden eisernen Formkästen gefügt sind, wohl verankert (Fig. 5).

Die Formöffnungen (*twyer-openings*) des vorliegenden Hochofens sind nach innen zu radial in der Mitte durch einen Mauerziegeldamm (*f f*, Fig. 7, und Fig. 8 a. f. S.) in zwei gleiche Oeffnungen (*twyer-holes*) getheilt, in deren jeder eine Form liegt. Nach aussen sind sie unge-

Fig. 7.

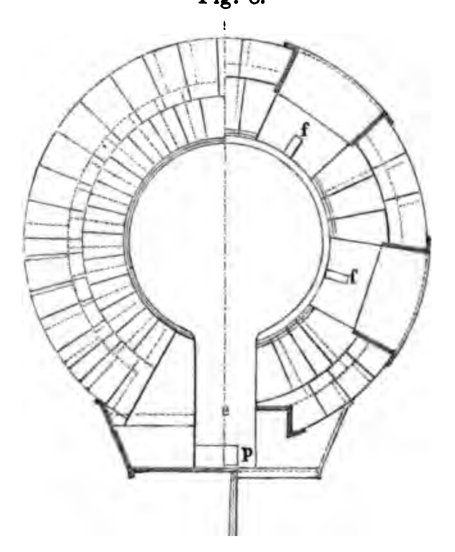


Hochofen zu Corngreaves in Staffordshire. Innere Ansicht der zwölf unteren Steinlagen des Ofens.

theilt und auf allen Seiten durch den erwähnten gusseisernen Formkasten geschützt. Da das ganze Gestell ringsum zugänglich ist, was zugleich den Nutzen einer guten Abkühlung hat, so kann der Arbeiter ohne Schwierigkeit etwa nothwendige Arbeiten an den Formen vornehmen. In älteren Hochöfen war das Gestell vom Rauhgemäuer dicht umgeben; nur enge, niedrige, dunkle und heisse gewölbte Gänge verbanden die Formgewölbe. Abgesehen von den Belästigungen, welche die Arbeiter hierbei auszustehen hatten, — ein Punkt, welchen man sowohl im Interesse de

Humanität als der Rentabilität niemals, namentlich aber auf Eisenwerken nicht ausser Acht lassen sollte, — erschwerte eine solche Construction alle Reparaturen und begünstigte eine schnelle Zerstörung des nicht gekühlten Gestells.

Fig. 8.



Hochofen zu Corngreaves in Staffordshire. Plan der ersten und zweiten Steinlage auf der linken, der vierten und fünften Lage auf der rechten Seite der Mittellinie.

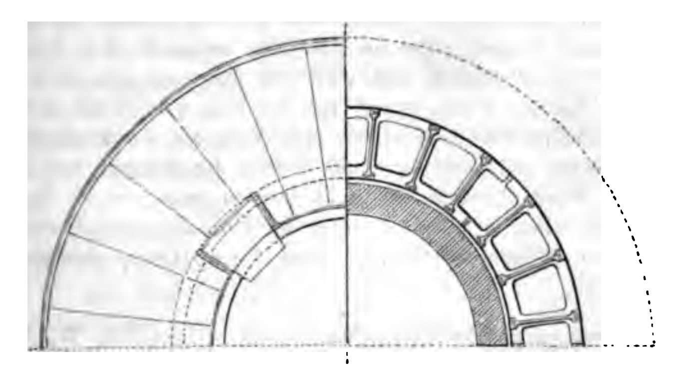
Die Formen. Die Form (*twyer*) ist genau definirt die Oeffnung im Mauerwerk des Ofens, durch welche der Wind eingeführt wird; da aber diese Oeffnung bei metallurgischen Apparaten fast stets durch ein Metallrohr ausgefüttert ist, so ist der Name auch auf dieses Metallrohr übergegangen. Die Formen des vorliegenden Hochofens in letzterem Sinne bestehen aus hohlen abgestumpften Kegeln von Schmiedeisen mit doppelten Wandungen, zwischen denen kaltes Wasser circulirt (siehe Figur 17). Eine solche schmiedeiserne Form hat den Vortheil gegen eine gusseiserne, dass sie sich bei eintretenden Undichtigkeiten, durch Abbrennen und dergl., ohne Schwierigkeiten repariren lässt. Aus demselben Grunde giebt man ihr auch anfangs eine mehr als nothwendig grosse Länge. Die Axen der Formen liegen horizontal, gewöhnlich radial, oder nur wenig vom Radius abweichend. In der Axe der Form liegt das gleichfalls schmiedeiserne Endstück der Windleitung, die Düse (*nose, blast-pipe*). Der Zwischenraum zwischen ihr und der Form ist hier mit gebranntem Schieferthon oder Sand ausgefüllt, in Deutschland schliesst man ihn weit zweckmässiger durch einen an der Düse befestigten wulstförmigen Eisenring.

Gichtmantel (*tunnel-head*). Ein Gichtmantel ist nur bei solchen Oefen erforderlich, bei welchen keine Gasentziehung stattfindet, sondern die frei ausströmenden Gase sich an der Luft entzünden. Er dient dazu, die Arbeiter vor der Gichtflamme zu schützen. Die Aufgebeöffnungen (*filling-holes*) sind mit gusseisernen Rahmen bekleidet, deren Unterseite geneigt ist und in den Ofen vorragt. Der gemauerte Gichtmantel selbst ist mit eisernen Bändern verankert. Rund um die Gicht des Ofens läuft eine Plattform (*gallery*), welche aus gusseisernen, unterhalb durch

Flanschen vereinigten Platten besteht (Fig. 1, *r r*, und Fig. 9). Diese Plattform steht durch eine Brücke (Gichtbrücke, *bridge*) mit einem verticalen Aufzuge (dem Gichtaufzuge, *lift*), auf dem die Materialien zur



Fig. 9.

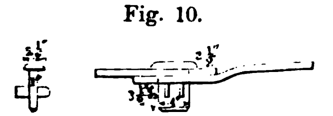


Hochofen zu Corngreaves in Staffordshire. Plan der Gichtplattform zur Linken und Schnitt des Ofenschachtes im Niveau der die erstere tragenden Consolen zur Rechten der verticalen Mittellinie.

Beschickung des Ofens hinaufbefördert werden, in Verbindung (vergleiche Fig. 4 und 6).

Ofenverankerung (*bracing*). Das ganze Ofengemäuer ist mit Eisenringen verankert (Fig. 10), welche auf den absichtlich von Zeit zu Zeit vorspringend gelassenen Enden der Ziegeln ruhen. Ketten laufen über dieselben vertical von oben bis unten, um im Falle eines Zerspringens Unfällen durch Herabfallen des Reifens vorzubeugen (vergl. Fig. 4 und 6). Nicht selten findet sich statt dieser Art der Verankerung ein vollständiger Mantel von genietetem Kesselblech. Die Ansichten über die Zweckmässigkeit eines solchen Mantels sind getheilt. Als Nachtheile desselben führt man an: Der Mantel ist theurer als einzelne Ringe; man kann ihn schwierig repariren, wenn er in Folge der zu starken Ausdehnung des Mauerwerks platzt oder aus anderen Gründen schadhaft wird; er erschwert die Ausbesserung des inneren Mauerwerks und macht sie während des Betriebs beinahe unmöglich. Hiergegen lässt sich Folgendes einwenden: Die Kostspieligkeit des Mantels wird durch den geringeren Kostenaufwand für inneres Mauerwerk, welches weit schwächer ausfallen kann, aufgewogen; der Bau des Ofens ist durch den zuerst aufgestellten Mantel sehr erleichtert; Mantel und inneres Mauerwerk bedürfen bei zweckmässiger erster Construction keiner Reparatur während des Ofenbetriebes. In älteren Oefen, bei denen das Rauhgemäuer quadratisch, nicht kreisförmig im

Fig. 10.



Art der Ankerbefestigung.

Querschnitt ist, geschieht die Verankerung durch eingemauerte, mit Splint und Keil versehene, ein Achteck bildende Eisenstangen.

Vertheilungsrohr (Hauptwindleitung, Hauptrohr, *blast-main*). Das Rohr, welches den Wind bei diesem Ofen an die einzelnen Formen vertheilt, besteht aus gusseisernen Röhren, welche durch Muffen verbunden sind. Es geht rings um den Ofen innerhalb der Pfeiler und oberhalb der Formöffnungen und wird von Consolen getragen (Fig. 4 und 6). Ein solches Arrangement, bei welchem der Wind abwärts zu den Düsen geführt wird, gestattet eine bequeme Zugänglichkeit des ganzen Apparates und verhindert ein tieferes Eindringen von Schlacke, im Fall der Wind plötzlich abgestellt werden muss — Vortheile, die den einzigen Gewinn, welchen ein unter der Erde liegendes Vertheilungsrohr bietet, bei Weitem überwiegen; denn dieser Gewinn besteht nur in Raumersparniss.

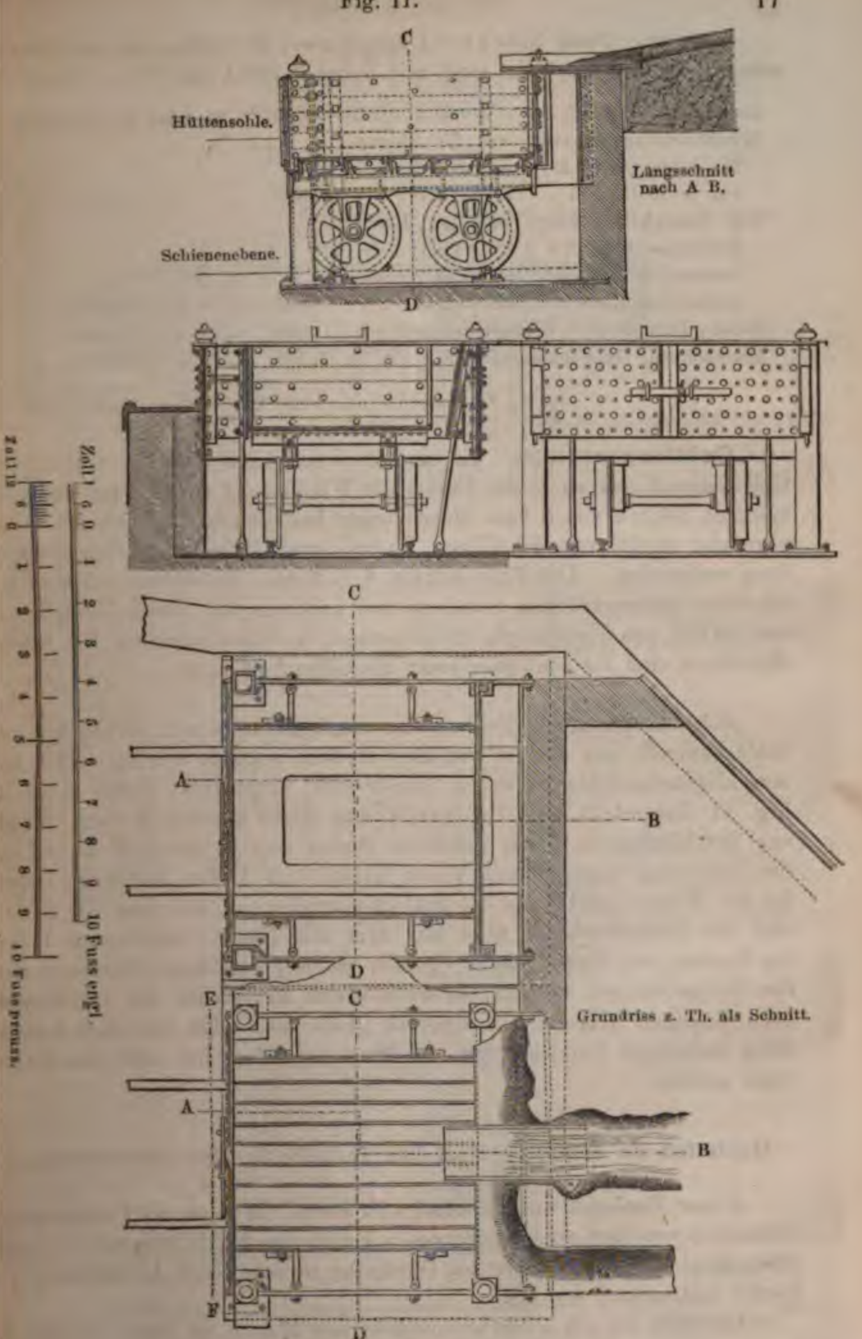
Die Düsenvorrichtungen (*blast-pipes*), welche den Wind in die Formen führen, bestehen in Knieröhren, welche bald aus Gusseisen, bald aus Schmiedeisen angefertigt sind. Nur bei Benutzung kalten Windes kann man lederne Verbindungsschläuche zwischen Vertheilungsrohr und Düse anwenden. An dem Kniee und in der Axe des horizontalen Theils und folglich auch der der Form befindet sich eine kleine Oeffnung, welche durch einen Schieber oder einen gusseisernen Pfropfen verschliessbar ist (Fig. 6) und dazu dient, die Temperatur des Windes zu messen und das Innere der Düse und Form zu beobachten. Oft ist zum Messen der Temperatur eine besondere Oeffnung angebracht und die hier beschriebene, welche in diesem Falle nur zur Besichtigung dient, durch eine Glas- oder besser Glimmerscheibe verschlossen. Doch muss auch diese letztere in einen beweglichen Schieber eingeschlossen sein, damit man nöthigenfalls mit einem schwachen Eisenstabe in das Innere der Düse gelangen und gebildete Ansätze abstossen kann.

Besondere Bemerkungen. Der vorstehend beschriebene Ofen ist theils aus feuerfesten, theils aus gewöhnlichen Ziegeln zusammengesetzt, indessen empfiehlt Kenyon Blackwell [1]) die ausschliessliche Anwendung von feuerfesten Ziegeln. In dem Rauhgemäuer (*outer-casing, shell*) sind hin und wieder kleine radiale Zwischenräume zwischen den Ziegeln gelassen, welche eine Ausdehnung gestatten. Im Kernschacht (*inner-lining*) lässt man indessen keine solche Räume. Früher liess man stets zwischen beiden Schächten einen ringförmigen Raum, welcher mit Sand oder anderen feuerfesten und die Wärme schlecht leitenden Substanzen gefüllt wurde. Neuerdings begnügt man sich mit der Trennungsspalte zwischen den beiden Mauerwerkskörpern und benutzt die darin befindliche Luftschicht als schlechten Wärmeleiter.

---

[1]) S. 6.

Fig. 11.



Schlackenwagen zu Corngreaves in Staffordshire.

Kosten. Nach Blackwell kosten zwei Hochöfen, die nach der beschriebenen Art construirt sind, mit Zubehör 6000 Pfd. Strl., nämlich:

Jeder Ofen 1000 Pf. St.	2000 Pf. St.	oder	13,300	Thlr.
Winderhitzungsapparate, mit 60 Röhren für jeden Ofen, in zwei Abtheilungen von je 30 Röhren	1000 „	„	6,700	„
Der Dampfgichtaufzug; 24zöllige Hochdruckmaschinen mit 3 Fuss Hub; Seiltrommel, Seilscheiben, Drahtseile, Wagen, gemauertes Haus und Gichtbrücke . .	1000 „	„	6,700	„
Wind-, Dampf- und Wasserleitungsröhren	500 „	„	3,300	„
Eisenbahnen, Gussschalen, Gezähe	1500 „	„	10,000	„
Zusammen . .	6000 Pf. St.	oder	40,000	Thlr.

Gebläsemaschinen. Es sind zwei nicht mit einander verkuppelte Gebläsemaschinen an beiden Enden der Windleitung (welche aus schmiedeisernen Röhren von 5 Fuss Durchmesser besteht und zugleich als Windregulator wirkt) mit 52zölligen Dampf- und 100zölligen Gebläsecylindern vorhanden. Der Hub beträgt $8^1/_2$ Fuss. Die Maschinen sind mit schweren Schwungrädern versehen und arbeiten mit einem Dampfdruck von 20 Pfd. pro Quadratzoll, mit Expansion und Condensation. Die beiden Maschinen sind für fünf oder sechs Hochöfen bestimmt.

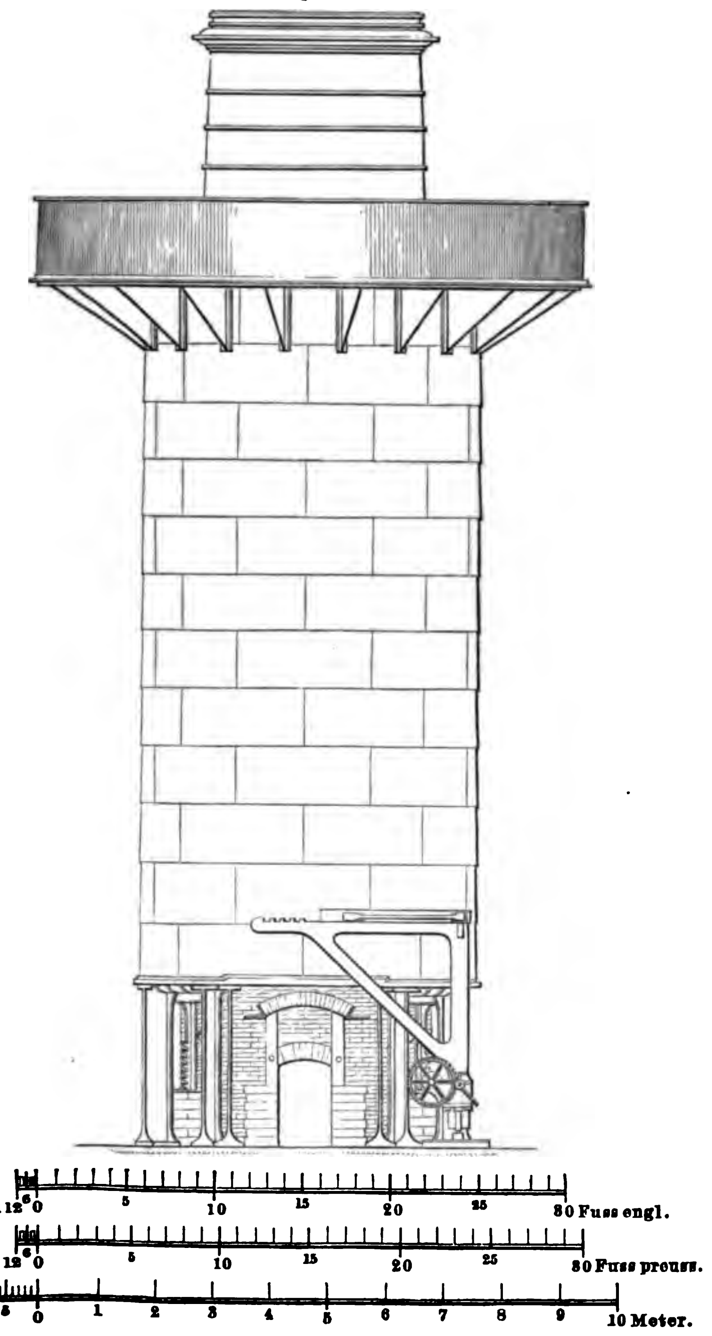
Schlackenwagen. Früher floss die Schlacke in eine Grube vor der Schlackentrift, aus der sie von Zeit zu Zeit entfernt wurde. Jetzt hat man allgemein Schlackenwagen (*cinder-tubs*) eingeführt, deren einer in Fig. 11 dargestellt ist. Er besteht aus einem eisernen Kasten, dessen aus durchlöchertem Blech gebildete Seiten sich in der auf vorstehender Zeichnung angegebenen Weise leicht vom Boden entfernen lassen. Ist der Wagen gefüllt und die Schlacke erstarrt, so löst man die Seiten, und der Schlackenblock wird auf dem mit Rädern versehenen Boden des Kastens zur Halde (*cinder-tip* oder *mound*) gefahren. Entfernt man den Schlackenblock zu früh, so kann durch Ausbrechen der im Inneren noch flüssigen Masse leicht Unglück geschehen. Man hält bei Anwendung derartiger Vorrichtungen die Brust des Ofens frei und den Giessraum sauber.

Hochofen zu Russell's Hall bei Dudley in Süd-Staffordshire.

Dieser Hochofen unterscheidet sich sowohl in Form als Construction bedeutend von dem zu Corngreaves. Er ist von S. H. Blackwell nach einem Modell, welches zuerst zu Dundyvan in Schottland Anwendung gefunden hat, erbaut worden.

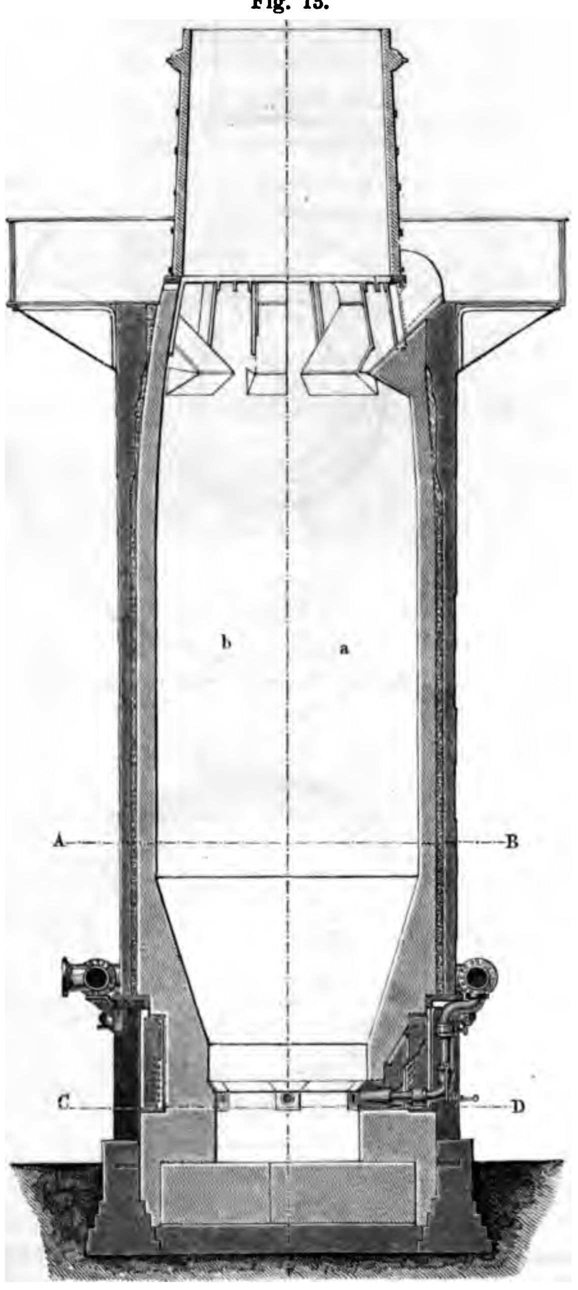
Der Ofen ist mit einem schmiedeisernen Mantel an Stelle des Rauhgemäuers umgeben. Man nennt solche und ähnliche Oefen zum Unter-

Fig. 12.



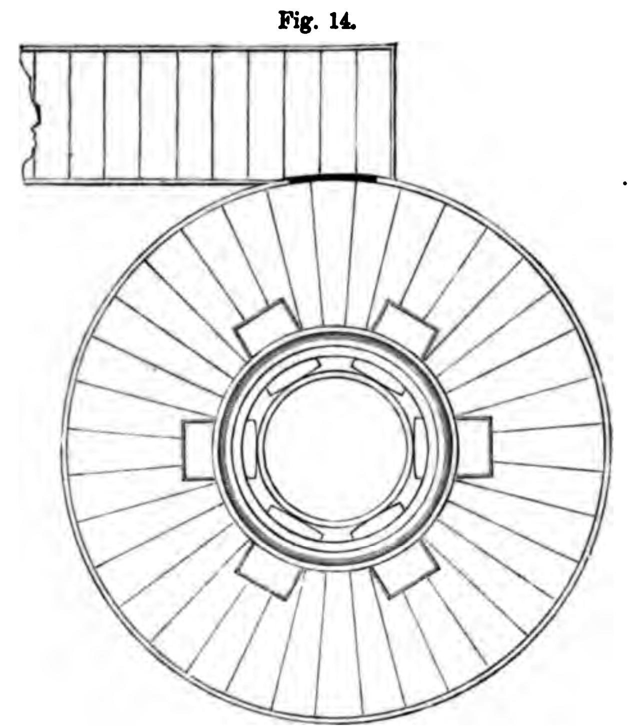
hofen zu Russell's Hall bei Dudley in Staffordshire. Vorderansicht mit fehlendem Wallstein *(vor dem Anblasen).*

Fig. 13.



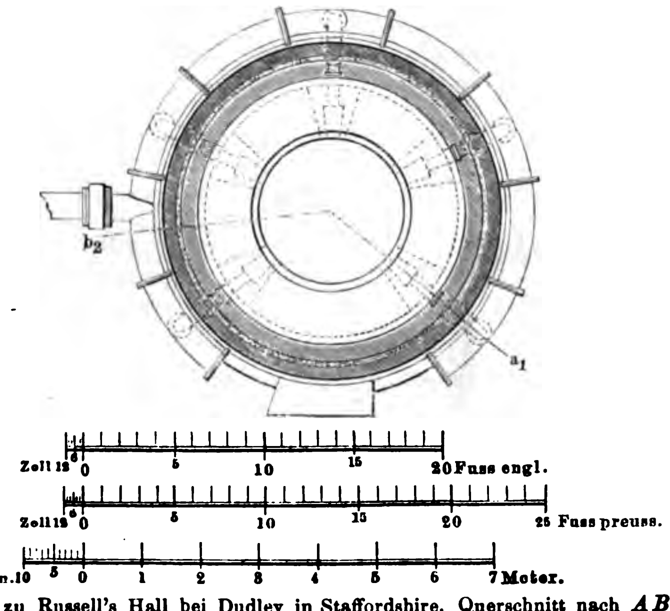
Hochofen zu Russell's Hall bei Dudley in Staffordshire. Verticalschnitt. Die rec[hte] Seite *a* nach der Linie a_1, die linke Seite *b* nach der Linie b_2 der Fig. 15.

Fig. 14.



Hochofen zu Russell's Hall bei Dudley in Staffordshire. Obere Ansicht.

Fig. 15.



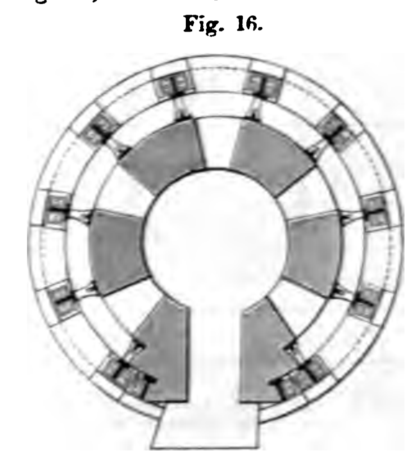
fen zu Russell's Hall bei Dudley in Staffordshire. Querschnitt nach *AB* de

Fig. 13.

schied von den mehr massiv gebauten auch Cupol-Hochöfen (*cupola furnaces*).

Das Innere dieses Ofens ist von der Gicht bis zum Kohlensack (*AB*, Fig. 13) beinahe cylindrisch, zieht sich von dort in der Rast zusammen, um im oberen Theile des Gestelles wieder cylindrisch zu werden, sich oberhalb der Formen nochmals zusammenzuziehen und dann cylindrisch bis zum Boden zu gehen. Der Blechmantel des Ofens ist ganz und gar cylindrisch; er wird von gusseisernen Ständern (bei den meisten ähnlichen Constructionen wendet man Säulen an) getragen, welche in Fig. 19 in grösserem Maassstabe abgebildet sind. Sie ruhen auf einem gusseisernen Ringe, dessen innerer Durchmesser $19^1/_2$ Fuss, dessen Breite $1^1/_2$ Fuss und dessen Dicke 4 Zoll beträgt. Das Mauerwerk besteht aus zwei Schichten, welche durch eine Füllung von Sand getrennt sind. Der Boden wird von grossen Sandsteinblöcken gebildet. Fünf Formen führen den Wind ein.

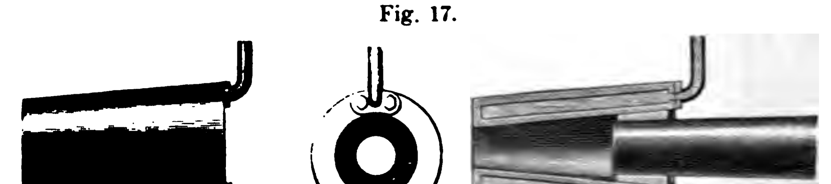
Fig. 16.



Hochofen zu Russell's Hall bei Dudley in Staffordshire. Horizontalschnitt an den Formen, nach *CD* der Fig. 13.

Der Ofen hat fünf Aufgebeöffnungen. Wie man in Fig. 13 sieht, sind die gusseisernen in den Ofen ragenden Gleitplatten von Mauerwerkskeilen getragen. Diese bestanden anfangs nicht, wurden aber auf Blackwell's Anordnung eingebaut. Derselbe empfiehlt sie allgemein, um so

Fig. 17.

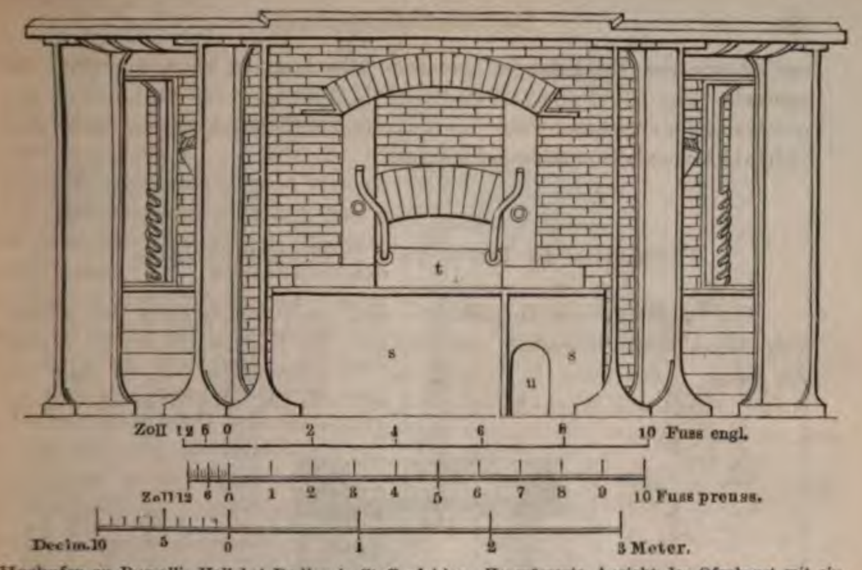


Seitenansicht. Endansicht. Längsschnitt.

Hochofen zu Russell's Hall bei Dudley in Staffordshire. Wasserform aus Schmiedeisen.

viel als möglich das Werfen der Platten zu verhindern. Die Construction des Vorheerdes ist aus Fig. 12 und 18 ersichtlich, in deren ersterer der Dammstein fortgelassen ist, während in Fig. 18 der Wallstein, der mit zwei Gewölben versehene Tümpel und das mit Wasser gekühlte Tümpeleisen sich zeigen. Hier ist auch die Einrichtung angewendet, das Stichloch in das Schlackenblech zu legen. Für die Arbeiten am Gestell sind

Fig 18



Hochofen zu Russell's Hall bei Dudley in Staffordshire. Vergrösserte Ansicht der Ofenbrust mit eingesetztem Wassertümpeleisen (*t*) und dem mit Stichloch (*u*) versehenen Schlackenblech (*s s*).

Fig. 19.

Gusseiserne Trägersäulen.

Zoll 12 6 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 Fuss preuss.

Zoll 12 6 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 Fuss engl.

c

Fig. 20.

Vorderansicht.

Fig. 21.

Längsschnitt.

Fig. 22.

Querschnitt.

Fig. 20, 21, 22. Mit Wasser gekühltes Tümpeleisen.

Fig. 19, 20, 21 u. 22. Hochofen zu Russell's Hall bei Dudley in Staffordshire.

Zoll 0 6 1 2 3 Fuss engl.

Centim. 10 5 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 Decim.

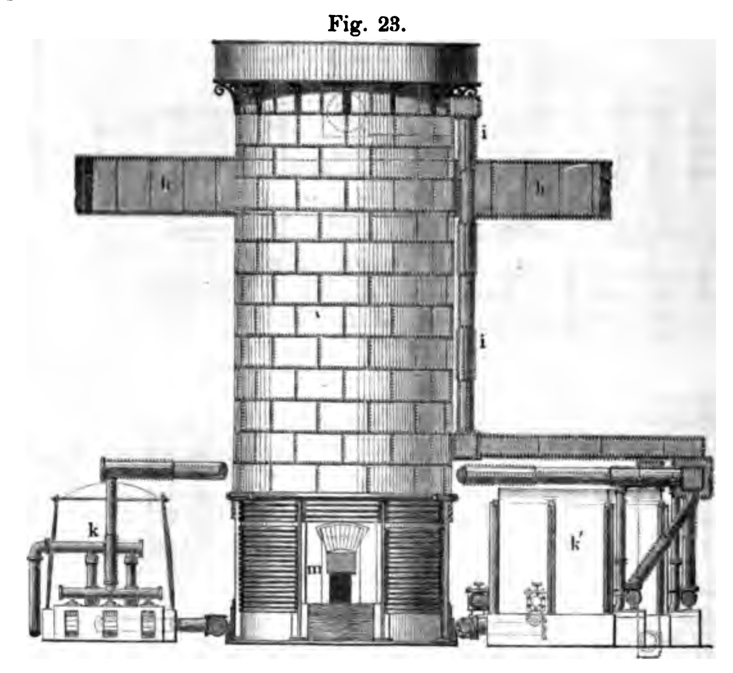
Zoll 12 6 0 1 2 3 Fus

zur Stütze von Brechstangen gezahnte Eisenstangen rings am Ofen angebracht (Fig. 12, 13 und 18), und vorn befindet sich ein Krahn (Fig. 12), welcher zum Ausheben der erstarrenden Schlackenklumpen aus dem Schlackenloch (*roughing-hole*) dient.

Hochofen zu Ebbw Vale in Monmouthshire.

Die nachfolgenden Holzschnitte sind nach Zeichnungen der Ebbw-Vale-Eisenhüttengesellschaft angefertigt. Die Figuren 23 bis 25 stellen die ganze Einrichtung in Ansicht und Durchschnitten dar, so dass nur einige erläuternde Worte erforderlich sein werden. Der Ofen ist wie der

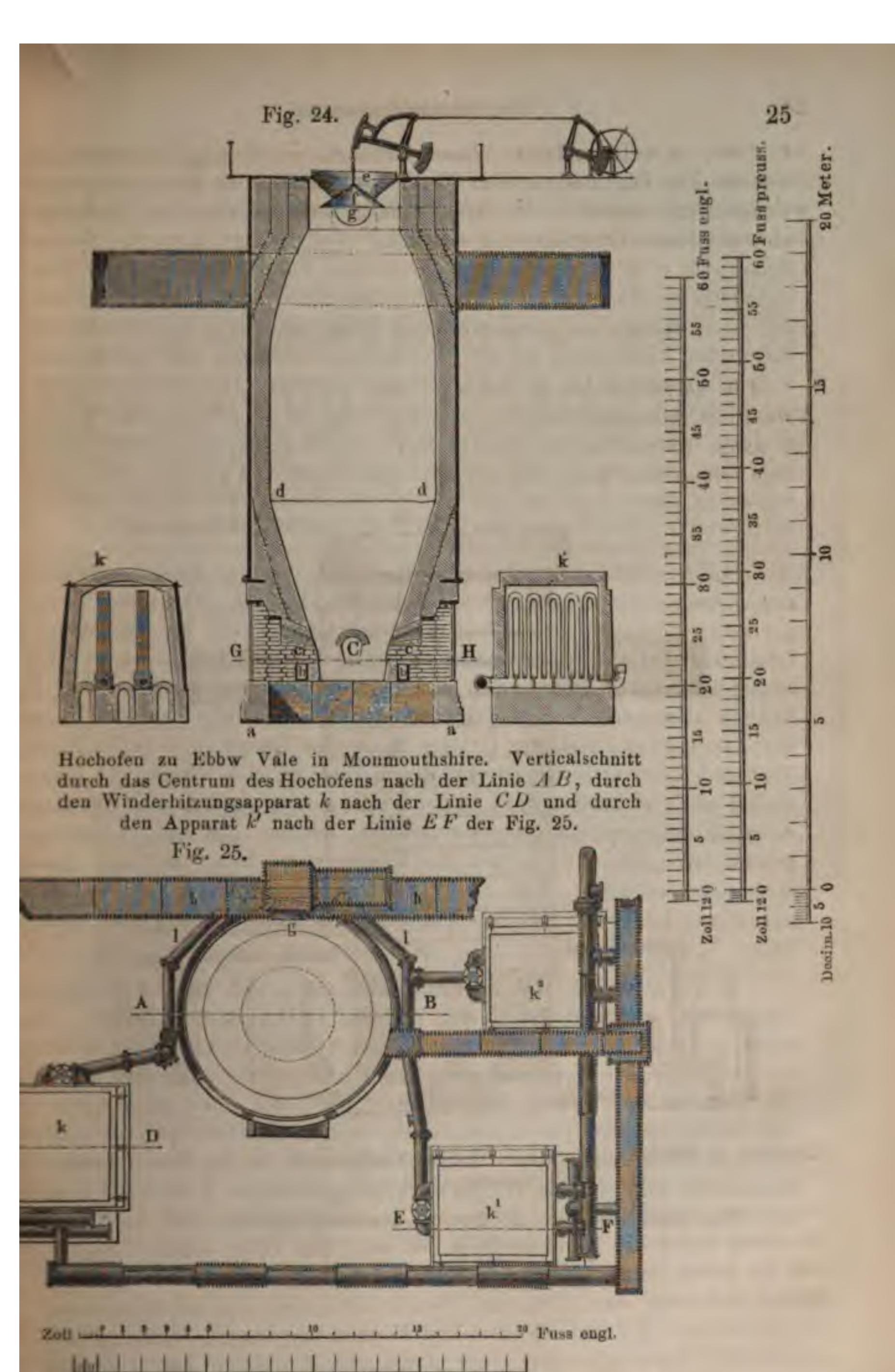
Fig. 23.



Hochofen zu Ebbw Vale in Monmouthshire. Vorderansicht mit den Winderhitzungsapparaten k und k^1.

vorige mit einem Blechmantel versehen, welchem sich im mittleren Theile des Ofens direct der Kernschacht anschliesst. Der Ofen besitzt dagegen, wie der zuerst beschriebene, gemauerte Pfeiler als Träger des Hauptofentheiles und zwar vier (Vierpass), welche auf einem eisernen Ringe (*a a*, Fig. 24) ruhen. Es sind hier nur drei Formen vorhanden, welche in entsprechenden Formengewölben (*twyer-holes*, *c c c*, Fig. 24) liegen. Der darunterliegende Theil des Gestells wird eingeschlossen von im Querschnitt rechteckigen, gusseisernen Kästen, den Kühlkästen (*water-boxes*) *b b*,

Fig. 24.



Hochofen zu Ebbw Vale in Monmouthshire. Verticalschnitt durch das Centrum des Hochofens nach der Linie AB, durch den Winderhitzungsapparat k nach der Linie CD und durch den Apparat k' nach der Linie EF der Fig. 25.

Fig. 25.

Hochofen zu Ebbw Vale in Monmouthshire. *Grundriss.*

Fig. 24, in welchen kaltes Wasser circulirt. — Man ist in neuerer Zeit bei der Kühlung des unteren Theils des Gestells, der Formen und des Tümpels nicht stehen geblieben, sondern man hat auch das Obergestell und die Rast mit Kühlkästen versehen. Vollständige derartige Systeme finden sich z. B. an den Oefen zu Barrow in Cumberland, auf der Heinrichshütte zu Hamm a. d. Sieg. Alle diese Kühlungen haben den Zweck, diejenigen Theile des Ofens, welche in Folge sehr hoher Temperatur und chemischer Einwirkung der dort vorhandenen flüssigen oder gasförmigen Substanzen starker Abnutzung unterliegen, vor dieser letzteren zu schützen, was, wie sich später zeigen wird, wichtiger ist als der aus dem Wärmeverluste etwa entspringende Nachtheil. Es ist sogar nicht unwahrscheinlich, dass man da, wo man reichlich über Wasser zu gebieten hat, immer weiter in dieser Kühlung gehen und schliesslich zu Gestellen gelangen wird, welche beinahe ganz aus gekühlten Eisenkästen bestehen.

Bei dem Betriebe stellen sich Schwierigkeiten nur durch Leckwerden der Wasserbehälter entgegen. Es können dadurch Störungen hervorgerufen werden, die sich indess verkürzen lassen, wenn man die Wasserbehälter derart aus Theilen zusammensetzt, dass sich jeder einzelne Theil ohne Schwierigkeit gegen einen vorhandenen neuen austauschen lässt. Es können aber auch heftige Explosionen und gefährliche Beschädigungen der Apparate und Arbeiter erfolgen, wenn das Wasser in den Ofen fliesst. Während daher zwar Gusseisenkästen leichter an sich wasserdicht herzustellen sind, zieht man doch jetzt oft schmiedeiserne vor, weil das Gusseisen bei eintretendem Temperaturwechsel leichter dem Zerspringen ausgesetzt ist. Jedenfalls sollten die Kästen stets derart mit der Atmosphäre communiciren, dass sie nie als Dampfkessel wirken können, sondern dass der sich entwickelnde Dampf leicht einen Abzug nach aussen findet.

In Figur 24 bei *dd* ist der Kohlensack gegen die Rast bestimmt abgegrenzt, wogegen das Gestell allmälig in die Rast übergeht. Die Gicht ist cylindrisch fortgesetzt, um einen Apparat aufzunehmen, welchen man Doppeltrichter (*cup and cone*) nennt und der zum Abfangen der aus der Gicht entweichenden Gase dient. Es giebt sehr verschiedenartig construirte Apparate für diesen Zweck, welche in einem späteren Capitel beschrieben werden sollen. Röhrentouren *h h*, *l l*, Fig. 25, führen die brennbaren Gase zu den Winderhitzungsapparaten u. s. w. Die Kosten des Ofens sind auf Seite 28 und 29 zusammengestellt.

Hochofen zu Clarence-Eisenhütte bei Middlesboro' am Tees in Yorkshire.

Während der erst beschriebene Ofen einen gemauerten Rauhschacht und gemauerte Pfeiler, der zweite einen Blechmantel und eiserne Pfeiler, der dritte einen Blechmantel, aber gemauerte Pfeiler zeigte, so bleibt noch eine vierte Combination übrig, nämlich ein gemauerter Rauhschacht und eiserne Pfeiler. Eine solche ist in Fig. 26 (a. S. 30) dargestellt. Die Zeichnung zu diesem Ofen rührt von dem Besitzer desselben, Isaac Lowthian Bell in Newcastle. Es ist einer jener Oefen, welche nach Entdeckung des mächtigen Eisensteinlagers südlich vom Tees in so grosser Zahl entstanden sind, Oefen, bei welchen man in neuerer Zeit das Experiment gemacht hat, weit über das gewöhnliche Maass in Bezug auf die Höhe hinauszugehen, nämlich auf 95 Fuss und darüber. Der Ofen weicht auch noch in einigen anderen Beziehungen von den bereits beschriebenen ab. Das Gestell ist nicht aus künstlichen feuerfesten Steinen, d. h. aus gebrannten Thonsteinen (vergl. Bd. I der Metallurgie), sondern aus natürlichen feuerfesten Steinen gebildet. Man wendet hierzu im Allgemeinen theils Sandsteine an, welche namentlich die Steinkohlenformation und die devonische Formation in guter Beschaffenheit liefern, theils Conglomerate, wie sie in dem unteren Theil der Steinkohlenformation, dem flötzleeren Sandstein, aufzutreten pflegen. Es giebt noch eine dritte Art, das Gestell zu bilden, und diese besteht in der Anwendung von sogenannter Masse, einer Mengung von gebranntem (Chamotte) und ungebranntem Thon, welche schwach angefeuchtet um Schablonen in schwachen Lagen aufgestampft wird. Dasselbe gilt vom Bodenstein. Auch er wird theils aus künstlichen gebrannten, theils aus natürlichen feuerfesten Steinen, theils aus Masse hergestellt.

Im vorliegenden Falle besteht er aus 2 Fuss starken, überecks gestellten, schwalbenschwanzförmigen Steinen, auf welchen das Gewicht des Ofens zum grössten Theil ruht.

Der obere Theil des Mauerwerks besteht aus drei durch Luftschichten getrennten Schächten, welche von aussen durch eiserne Bänder verankert sind, also aus einem Rauhschachte, einem Kernschachte und einem dazwischenliegenden Schachte, dem Füllschachte (*intermediate shell*). Der Gichtmantel ist von Eisenblech.

Der Ofen hat drei Formen, welche im Innern $3^1/_2$ bis 4 Zoll Durchmesser besitzen.

Kosten des Hochofens zu [illegible]

Gusswaaren.	Tons.	cwts.	qrs.	lbs.	Tons.	cwts.	qrs.	lbs.
8 Oberringe	5	16	—	—				
8 Unterringe	6	—	—	—				
4 Säulen	12	8	—	—	24	4	—	—
3 Kühler unter den Formen					3	16	2	—
3 Schweilen	—	13	2	—				
3 Platten über den Formen	1	4	—	—	1	17	2	—
2 Wassertümpel		10	—	—				
1 Schlackenplatte (*Dam-Plate*)	—	13	2	—				
2 Consolen (*Brackets*)	—	2	—	—	1	5	2	—
2 Schlackenkästen (*Cinder-troughs*) / Eisenkasten (*Iron-troughs*)	2	6	—	—				
Leistenblech * (*Harp-plate*)	—	16	1	—	3	2	1	—
1 Ring am Gichtgasentziehungsapparat (*Ring on Furnace-top under cup*)					1	15	—	—
Abgestumpfter Kegel (*cup*)	2	5	—	—				
Voller Kegel (*cone*)	—	15	—	—	3	—	—	—
Säulen (*Standards*)	—	9	—	—				
Sohlplatte (*Bed-plate*)	—	14	—	—				
Seesturen (*Side-frames*)	—	17	—	—	2	—	—	—
Gegengewichte (*Balance-weights*)	1	4	—	—				
Getriebe (*Pinion*)	—	—	1	20				
Bremsrad (*Brake-wheel*)	—	2	—	20	1	6	2	10
2 Consolen unter der Gicht (*Brackets under stage on top*)					—	15	1	6
2 Platten an der Gicht (*Plates for stage-top*)					2	14	—	—
Gichtbrückenplatten (*Plates-on-bridge*)					3	4	—	—
Zu 3 Pf. St. pro Ton					49	—	2	16
Schmiedeeisen.								
Mantel (*Casing of furnace*)	15	10	—	—				
Platten der Gichtbühne (*Plates round top of stage*)	—	7	—	—				
Eisenbahn (*Railing*)		12	—	—				
4 Gichtbrückenträger (*Girders under bridge*)	1	5	—	—				
96 Gestellringe (*Hoops round furnace-bottom*)	3	7	—	—				
192 Bolzen dazu (*Bolts for hoops*), 420 lbs.		3	3	—				
Zu 11 Pf. St. 10 s. per Ton					21	4	3	—

Arbeit am Mantel (*Labour on casing*) 15 tons 10 cwts. zu 95 s. [illegible]
Arbeit an der Gichtbühne (*Labour on stage*) . . . . . .
Arbeit am Gasentziehungsapparat (*Labour on cup and cone arrangement*) . . .
Arbeit am Gestell (*Labour on hoops etc., bottom of furnace*) [illegible]
[illegible] des Kerns mit Einrichtung des Heerdes (*Labour on [illegible] inside and [illegible] fire-stone hearth*) [illegible]
Ziegel [illegible] = 18522 Stück von 9 Zol × 4½ Zol × 3 Zoll, durchschnittlich [illegible] Pfd. wiegend. Zu [illegible] per 1000 Ziegeln | 32 | 17 | — | —
[illegible] (*Clay*), Zu [illegible] per ton | 9 | — | — | —

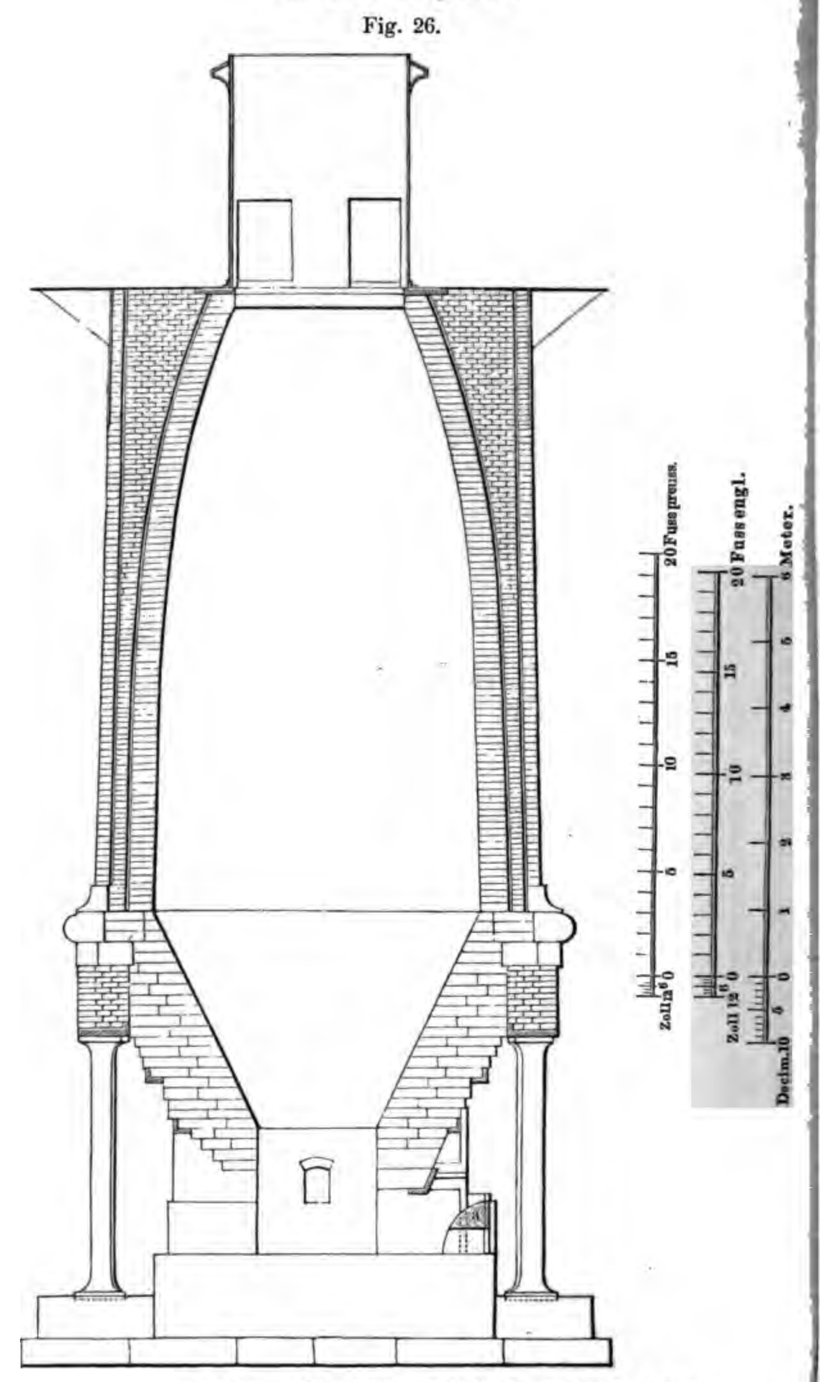
* [illegible] Anwendung s. Seite 6, die Berechnung [illegible] [illegible] Tonne [illegible] Kilogramm [illegible] Sterling [illegible]

…shire (Fig. 23 bis 25).

Ctr.	Pfd.	Thlr.	Sgr.	Pf.	Kilogrm.	Kilogrm.	Frcs.	Centim.
					5,893			
					6,096			
					12,598			
491	75					24,587		
77	72					3,886		
					686			
					1,219			
38	10					1,905		
					508			
					686			
					101			
25	91					1,295		
					2,337			
					825			
63	25					3,162		
35	56					1,778		
					2,286			
					762			
60	96					3,048		
					457			
					711			
					864			
40	64					2,032		
					1,219			
					21			
					111			
27	2					1,351		
15	55					778		
54	85					2,743		
65	2					3,251		
…96	83	2615	—	—		49,816	9,806	25
					15,748			
					355			
					609			
					1,270			
					3,404			
					191			
431	54	1628	5	10		21,577	6,105	73
		490	25	—			1,840	62
		66	20	—			250	—
		20	—	—			75	—
		80	—	—			300	—
		613	10	—			2,300	—
		1309	10	—			4,910	—
		163	10	—			612	50
		6986	20	10			26,200	10

…inführung von Schlackenwagen überflüssig geworden.
… 25 Francs. 1 Schilling = 12 Pence = 10 Sgr. 1 Franc = 8 Sgr.

Fig. 26.



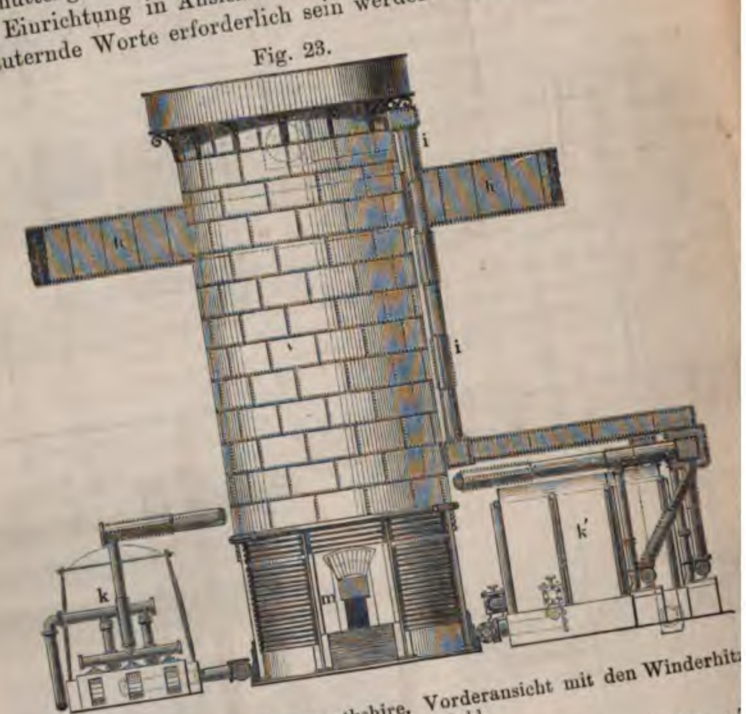
Hochofen zu Clarence-Eisenhütte. Schnitt durch den Wallstein.

ır Stütze von Brechstangen gezahnte Eisenstangen rings am Ofen an-
ebracht (Fig. 12, 13 und 18), und vorn befindet sich ein Krahn (Fig. 12),
velcher zum Ausheben der erstarrenden Schlackenklumpen aus dem
Schlackenloch (*roughing-hole*) dient.

Hochofen zu Ebbw Vale in Monmouthshire.

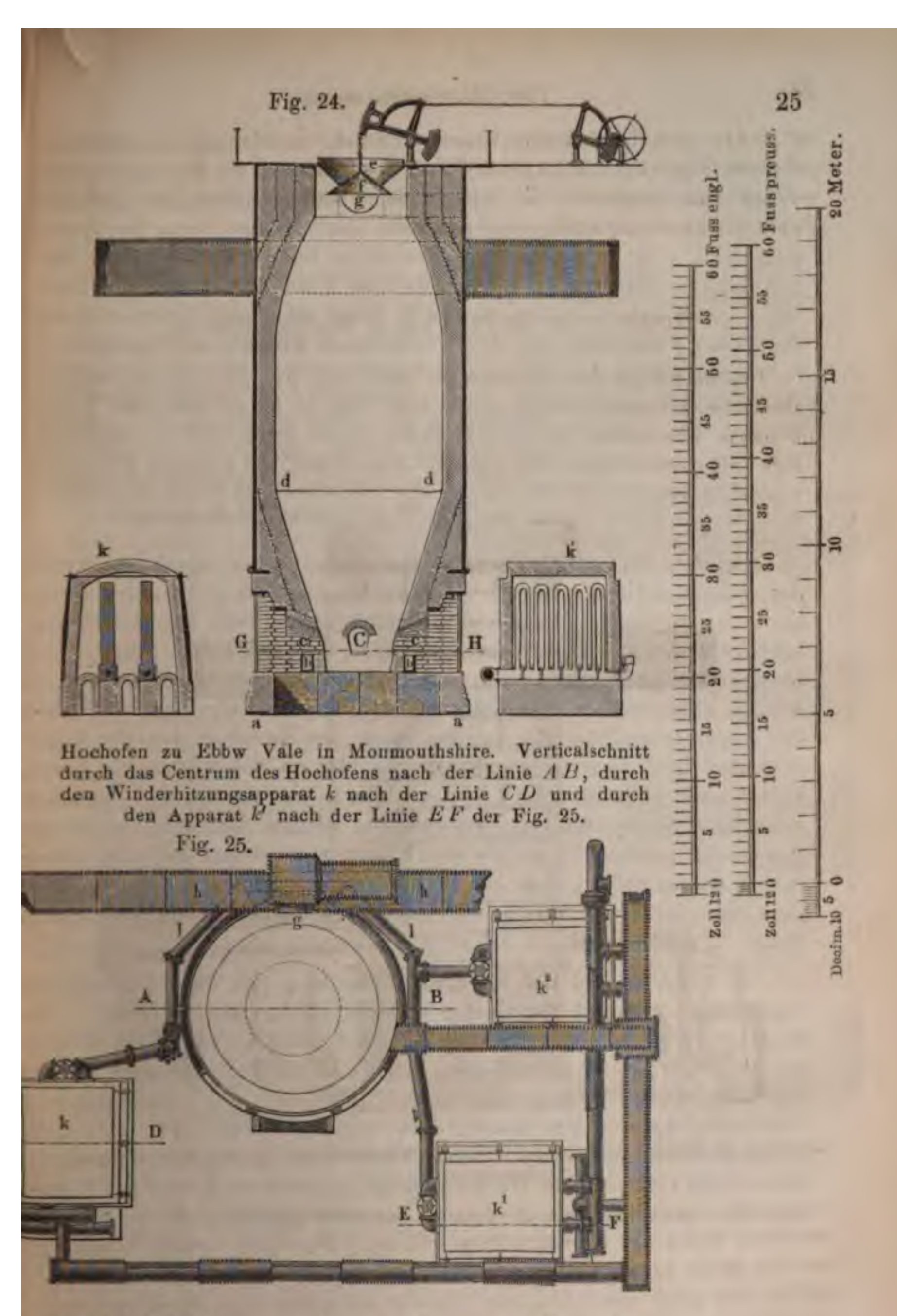
Die nachfolgenden Holzschnitte sind nach Zeichnungen der Ebbw-Vale-Eisenhüttengesellschaft angefertigt. Die Figuren 23 bis 25 stellen die ganze Eiurichtung in Ansicht und Durchschnitten dar, so dass nur einige erläuternde Worte erforderlich sein werden. Der Ofen ist wie der

Fig. 23.



Hochofen zu Ebbw Vale in Monmouthshire. Vorderansicht mit den Winderhit[illegible] apparaten k und k^1.

vorige mit einem Blechmantel versehen, welchem sich im mittleren [illegible]
des Ofens direct der Kernschacht anschliesst. Der Ofen besitzt da[illegible]
wie der zuerst beschriebene, gemauerte Pfeiler als Träger des Hau[illegible]
theiles und zwar vier (Vierpass), welche auf einem eisernen Rin[illegible]
Fig. 24) ruhen. Es sind hier nur drei Formen vorhanden, welche
sprechenden Formengewölben (*twyer-holes*, *ccc*, Fig. 24) liegen. [illegible]
unterliegende Theil des Gestells wird eingeschlossen von im Qu[illegible]
rechteckigen, gusseisernen Kästen, den Kühlkästen (*water-*[illegible]

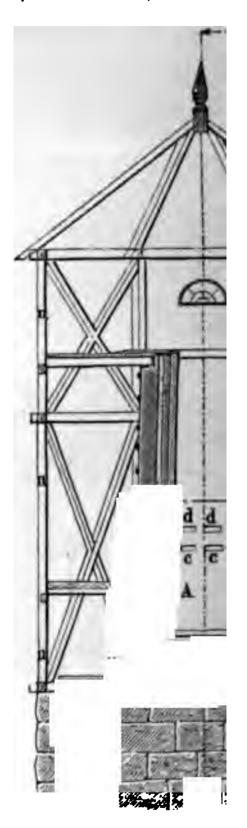


Hochofen zu Ebbw Vale in Monmouthshire. Verticalschnitt durch das Centrum des Hochofens nach der Linie AB, durch den Winderhitzungsapparat k nach der Linie CD und durch den Apparat k^1 nach der Linie EF der Fig. 25.

Hochofen zu Ebbw Vale in *Monmouthshire*. Grundriss.



(Zu Seite 34.)





s Armatur des Apparates (*buck-staffs*).
t Ausblaserohr (*blow-off pipe*).
u Formen, deren der Ofen 11 hat.
v Hauptwindrohr.
w Vertheilungsrohr.
x Wasserzuleitungsröhren.
y Wasserableitungsröhren.
z Düsen.
b^2 Bodenstein.
c^2 Eisenstützen an der Umfassung des Gestells.
d^2 Gusseiserner Grundring.
e^2 Gusseiserner Deckring, welcher auf den Stützen c^2 liegt und auf welchem ein Theil des Kernschachtes ruht.
f^2 Querwand unter dem Kessel zur Trennung der directen und der Gasfeuerung.
g^2 Feuerung zur Kesselheizung, falls die Gasfeuerung nicht ausreicht.
h^2 Roststäbe (*grate-bars*).
i^2 Kessel, deren sechs mit je vier Vorwärmern zu jedem Hohofen gehören.
k^2 Kesselgasheizung.
l^2 Essen.
m^2 Gichtmantel.
n^2 Wasserkühlung für die Formen.
o^2 Eiserne Träger für die Dampfkessel.

Holzkohlenhochöfen.

Die Hochöfen, welche mit Holzkohlen betrieben werden und welche am Anfange dieses Jahrhunderts noch in weit überwiegender Mehrzahl vorhanden waren, verschwinden in Folge des immer allgemeiner eintretenden Holzmangels mehr und mehr und erliegen entweder ganz der Concurrenz der Steinkohlen- und Kokswerke benachbarter Gegenden oder werden in völlig neue auf jene Brennmaterialien gegründete Oefen umgewandelt.

Neue Eisenbahnanlagen verwandeln oft in kurzer Zeit ganze Districte in dieser Art, wofür das Siegerland als ein Beispiel aus neuester Zeit angeführt werden mag.

Am ausgedehntesten hat sich der Holzkohlenofenbetrieb in Schweden erhalten, wo er, von jeher mit grosser Sorgfalt und unter Anwendung aller Lehren der sich entwickelnden Wissenschaft vervollkommnet, auch jetzt auf hoher Stufe steht und gegen die Concurrenz des Auslandes Stand gehalten hat.

Es soll daher ein Holzkohlenhochofen aus diesem Lande hier als Beispiel gewählt werden.

Der Ofen ist im Jahre 1857 zu Sten bei Finspong nach den Zeich-


PUBLIC LIBRARY
TILDEN FOUNDATIONS

auf einer $1^1/_2$zölligen gusseisernen Platte, welche von vier in Zwischenräumen aufgeführten Mauern getragen wird. Die so gebildeten Canäle dienen zum Trockenhalten. Sie werden meistens in etwas anderer Weise, nämlich in Form eines griechischen Kreuzes, dessen Endpunkte mit den vier Ecken des Mauerwerkes zusammenfallen, angelegt und heissen deshalb auch gewöhnlich Andreaskreuz.

Der Wind wird durch drei wassergekühlte Formen zugeführt. Die Düsen (*blast-pipes*) *q* sind aus abgedrehtem Gusseisen. Die Formen haben circa $2^1/_2$ Zoll Durchmesser, die Düsen $^3/_8$ Zoll weniger am Auge (Auge, *eye* nennt man die Oeffnung, Maul, *nozzle*, das schwächere, dem Innern zuliegende Ende der konischen Windzuführungsröhren). Das Tümpeleisen *r* besteht aus einem rechteckigen Stück Gusseisen von etwa $1^1/_2$ Zoll Stärke, welches nur durch die Berührung mit der äusseren Luft gekühlt wird. Der Wallstein *r'* ist nach aussen geneigt und mit einer eisernen Platte bedeckt. Das Stichloch besteht aus einem verticalen Schlitz von etwa 3 Zoll Weite, welcher die ganze Höhe des Wallsteins einnimmt. Es ist mit Gestübbe geschlossen.

Das Rauhgemäuer, welches, soweit es aus Bruchsteinen aufgeführt ist, einen quadratischen Querschnitt hat, wird von vier Gewölben (*t* und *s*) unterbrochen, deren drei *t* den Zugang zu den Formen vermitteln, während *s* an der Arbeitsseite liegt. Der Winderhitzungsapparat *l* wird von vier horizontalen Reihen gusseiserner Röhren gebildet und durch die Gase des Ofens geheizt; indessen sind die Windrohre so angeordnet, dass der Wind auch kalt in den Ofen gelangen kann.

Zur Gichtgasentziehung dient die Oeffnung *m* und ausserdem eine dieser gegenüberliegende *n*, welche einen anderen Theil der Gase durch das gusseiserne Rohr *e* zu dem Röstofen entsendet. Die Gicht des Ofens ist ganz offen. Die Gasleitungen haben an allen Biegungen Oeffnungen zur Reinigung von angesammeltem Staube. Das Windrohr *o* führt den Wind aus der Gebläsemaschine in den Erwärmungsapparat *l*, und das Rohr *p* den erhitzten Wind weiter zum Ofen.

Die Gichtplattform ist aus Holz und von einem Holzgebäude *u u* umgeben, welches auf dem Bruchsteinrauhgemäuer ruht und ein bewegliches Dach besitzt. Letzteres wird entfernt, wenn der Ofen im Gange ist. Klimatische Verhältnisse bedingen diese Einrichtung, denn der Ofen liegt gewöhnlich einige Monate im Jahre kalt. Eine Wage zum genauen Abwiegen der Materialien befindet sich an der Gicht. Die Wagschale hat die Form einer Schaufel und dient, da sie an einem Rollkrahn hängt, zugleich zur Beschickung des Ofens. Das Giesshaus ist aus Holz. Treppen *w w* führen zu allen Theilen des Gebäudes.

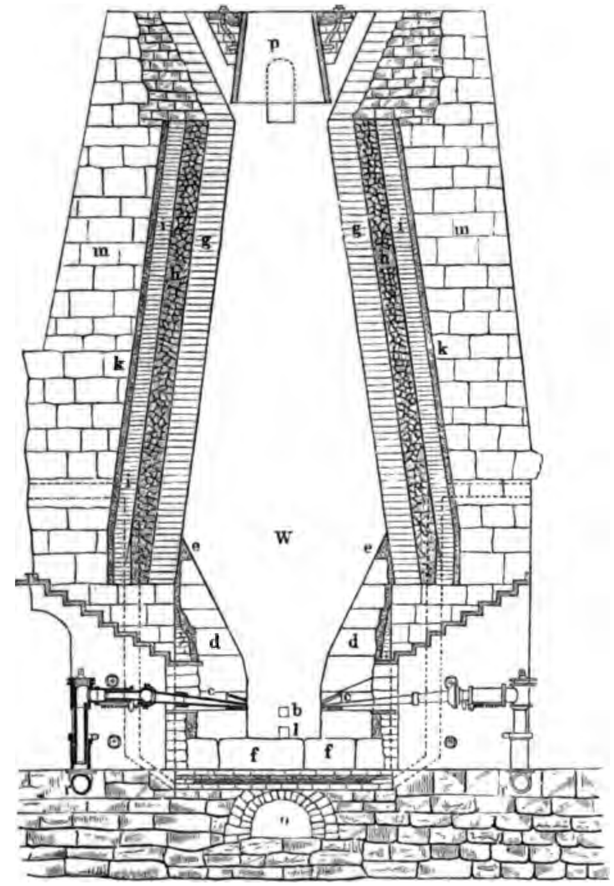
Die Gebläsemaschine, welche durch Wasserkraft betrieben wird, besteht aus drei einfach wirkenden Gebläsecylindern von je 44 Zoll Durchmesser und ebenso viel Hub. Der Regulator besteht aus Eisenblech und ist über der Maschine angebracht. Die Windpressung beträgt $^1/_2$ bis $1^1/_2$ Pfd. pro □Zoll, die Temperatur des Windes 200° im Durchschnitt.

Blauöfen.

Alle bisher beschriebenen Oefen, gleichgültig ob sie mit Koks, kohlen, Anthracit oder Holzkohlen betrieben wurden, sind mit of Brust zugestellt. Wie bereits erwähnt, giebt es indessen auch mit geschlossener Brust, d. h. solche Oefen, bei welchen das C ringsum geschlossen bis zum Bodenstein fortgeführt ist, welche



Fig. 34.



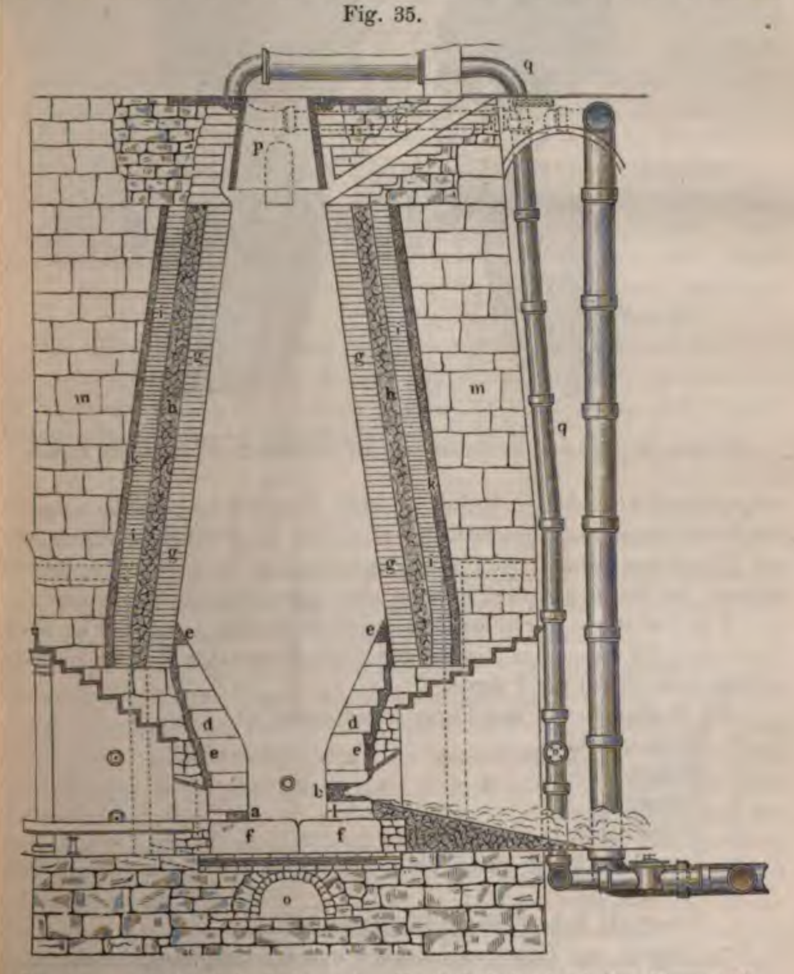
Blauofen zu Mariazell in Steiermark. Verticalschnitt durch die Formen.

keinen Vorheerd, sondern zum Abfliessen der Schlacke und zum stechen des Roheisens nur Oeffnungen in der Wandung des Ge besitzen. Solche Oefen nennt man Blauöfen (eigentlich Blaseöfen, man beständig hineinbläst). Derartige Oefen bestehen hauptsächlic

eiermark und werden dort mit Holzkohlen betrieben. Der Versuch, eselbe Construction auf Kokshochöfen zu übertragen, ist häufig gescheirt, aber namentlich in neuester Zeit zu Georg-Marien-Hütte bei Hanover und auf einigen anderen Hüttenwerken mit günstigem Erfolge geröntworden [1]).

Der Ofen, welcher in den Figuren 34 bis 36 dargestellt ist, befindet ich in Mariazell in Steiermark [2]). Er hat die nicht bei allen Blauöfen

Fig. 35.

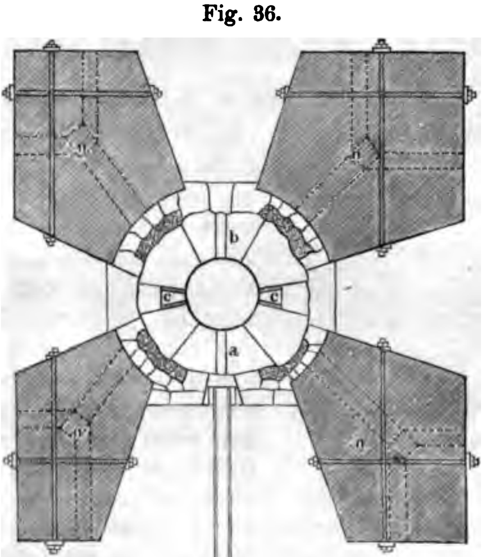


Blauofen zu Mariazell in Steiermark. Verticalschnitt durch den Eisen- und Schlackenabstich.

[1]) Ueber den Vortheil der Blauöfen gegen die Hochöfen findet man in einem der folgenden Capitel Ausführliches. — [2]) Vergl. Kerl, Hüttenk. III, 229 und Rittinger, Erfahrungen 1854, S. 44.

übliche, aber auch auf manche Hochöfen (namentlich in Schweden) übertragene Eigenthümlichkeit, dass sich Eisen- und Schlackenabstich auf

Fig. 36.



Blauofen zu Mariazell in Steiermark. Horizontalschnitt durch die Formen.

entgegengesetzten Seiten befinden, eine Einrichtung, welche ungemein zur Reinlichkeit der Giesshütte beiträgt, die Brust (über *a*) vor unnöthiger Abnutzung schützt und ein gleichmässiges Ausfressen des Gestelles bedingt, bei Oefen mit drei Formen aber schwierig anzubringen ist.

Fig. 34 ist ein Verticalschnitt durch die beiden Formen, Fig. 35 ein Verticalschnitt durch den Eisen- und Schlackenabstich, Fig. 36 ein Horizontalschnitt durch die Formen.

Die Buchstaben in den Figuren bedeuten:

- *a* Eisenabstich.
- *b* Schlackenabstich.
- *c* Formen.
- *d* Gestellsteine.
- *e* Feuerfeste Masse aus 4 Thln. Quarz und 1 Thl. feuerfestem Thon.
- *f* Bodensteine.
- *g* Feuerfeste Schachtziegel (Kernschacht).
- *h* Füllung von Ziegelbruchstücken und zerstampfter Schlacke.
- *i* Füllschacht von gewöhnlichen Ziegelsteinen.
- *k* Füllung von Schlackensand.
- *l* Ein zweiter Eisenabstich, der im Nothfall zum Abstechen des Eisens nach rückwärts dienen kann, zugleich aber das Auswärmen des Bodensteins erleichtert.

m Rauhgemäuer.
n Vierpass.
o Andreaskreuz.
p Gichtgasfang.
q Gasleitung.
r Windvertheilungsrohr.

Gewöhnlich wird der Verschluss der Brust in einfacherer Weise bewirkt, indem an der Vorderseite des Ofens (der Brust) beim Einbau des Gestells eine circa 3 Fuss hohe und $^5/_4$ Fuss breite Oeffnung gelassen wird, die man durch Steine verschliesst, welche die nöthigen Löcher zum Abstich der Schlacke und des Eisens besitzen, wie dies z. B. in Fig. 37 gezeigt ist, wo *b* den Eisenabstich, *c* den schlitzförmigen Schlackenausfluss und *d* ein Schauloch bedeuten. Statt der Steine wendet man auch Masse an, wobei das Aussparen beliebiger Oeffnungen noch einfacher ist.

Fig. 37.



Blauofen-Zustellung.

Um die Oeffnung für den Schlackenabfluss bei Kokshochöfen vor dem zerstörenden Einfluss der Schlacke derselben besser zu schützen, hat der Ingenieur Lurmann zu Georgs-Marien-Hütte mit Erfolg eine Wasserkühlung dieser Oeffnung eingeführt.

Nachdem so einige charakteristische Beispiele von Hochofenconstructionen gegeben sind, werden die folgenden Capitel zuerst die chemischen Vorgänge in den Hochöfen im Einzelnen kritisch beleuchten, namentlich die Einwirkungen, welche der in den Heerd des Ofens geblasene kalte oder heisse Wind ausübt, und die Zusammensetzung der Gase, welche sich entwickeln in Folge der Veränderung, der die festen Materialien bei ihrem Herabsinken im Ofen unterliegen. An diese Stelle gehört auch die Beschreibung der Vorbereitungen, welche diese Materialien häufig vor ihrer Verarbeitung im Hochofen zu erleiden haben. Ist man vertraut mit den chemischen Principien, so wirft sich naturgemäss die Frage auf, inwiefern die Praxis genügt oder abzuändern ist, um möglichste Vollkommenheit nach Maassgabe der Theorie zu erreichen. Bei der Beantwortung dieser Frage wird sich die Aufmerksamkeit zuerst auf die innere Form der Hochöfen lenken, sodann auf die äussere Construction, soweit dieselbe sich nicht nur auf locale Verhältnisse bezieht. Es wird dann das, was in dem abgehandelten Capitel in Form einfacher Thatsachen aufgeführt wurde, kritisch beleuchtet werden können. Die Arbeiten, welche bei dem Betriebe eines Hochofens vorgenommen werden, und ihr Zusammenhang mit den theoretischen Principien werden weiteren Stoff der Betrachtung und zu-

gleich Veranlassung gewähren, auf aussergewöhnliche Erscheinungen Rücksicht zu nehmen. Schliesslich werden praktische Beispiele von den Resultaten des Hochofenbetriebes als Beläge der vorangegangenen Erörterungen dienen müssen, und die Statistik der Roheisenproduction überhaupt deren Bedeutung in den verschiedenen Ländern und Landestheilen nachzuweisen haben. Es wird indessen nicht immer zweckmässig sein, den Stoff in der angegebenen Weise scharf getrennt zu halten; im Gegentheil wird Theorie und Praxis, Ursache und Wirkung häufig neben und gegen einander gestellt werden müssen.

II. Chemische Vorgänge im Hochofen.

1. Der Wind.

a. Die Gebläsemaschinen.

Zur Verbrennung des Kohlenstoffs im Hochofen wird der Sauerstoff der atmosphärischen Luft im gepressten Zustande, in welchem man die letztere mit dem hüttenmännischen Ausdruck „Wind" (engl. *blast*) zu bezeichnen pflegt, benutzt. Die Pressung der Luft und die Fortbewegung des erzeugten Windes zum Hochofen geschieht durch Maschinen, welche man Gebläsemaschinen oder Gebläse (*blowing engines*) nennt.

Während für andere Zwecke des Eisenhüttenwesens mancherlei Arten von Gebläsen in Gebrauch sind, von denen in den vorhergehenden Capiteln z. B. Balgengebläse und Wassertrommelgebläse beschrieben wurden, kommen beim Hochofenbetriebe lediglich die sogenannten Kolbengebläse zur Anwendung, d. h. Gebläse, bei denen die Luft durch einen hin- und hergehenden Kolben in einen kasten- oder cylinderförmigen Raum eingesaugt und darin zusammengepresst wird.

Man unterscheidet nach der Art des Behälters, in dem sich der Kolben bewegt, Kastengebläse und Cylindergebläse. Die Kästen, welche einen quadratischen Querschnitt haben, werden meist aus Holz, die Cylinder, deren Querschnitt immer kreisförmig ist, aus Gusseisen hergestellt. Die letzteren sind zwar kostspieliger als die ersteren in der Anlage, aber weit vollkommener und namentlich in dem Falle unentbehrlich, wo es sich um grosse Mengen stark gepressten Windes handelt. Die Anlage der Kastengebläse lässt sich nur da rechtfertigen, wo eiserne Maschinentheile nicht bearbeitet oder bearbeitete nicht bezogen werden können, also in uncivilisirten, von allen Verbindungen abgeschnittenen Gegenden. Unter solchen Umständen kann eine kurze Beschreibung von Kastengebläsen genügen, während die fast allgemein angewendeten Cylindergebläse einer näheren Betrachtung unterzogen werden sollen.

Man unterscheidet bei beiden Arten Kolbengebläsen doppelte und einfache, je nachdem der Kolben beim Hin- und Hergange oder nur in einer Richtung die Luft comprimirt. Die Kastengebläse sind meist einfach-, die Cylindergebläse meist doppeltwirkend, obwohl auch doppeltwirkende Kastengebläse, wie ein solches in Fig. 38 [1]) dargestellt ist, vor-

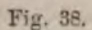
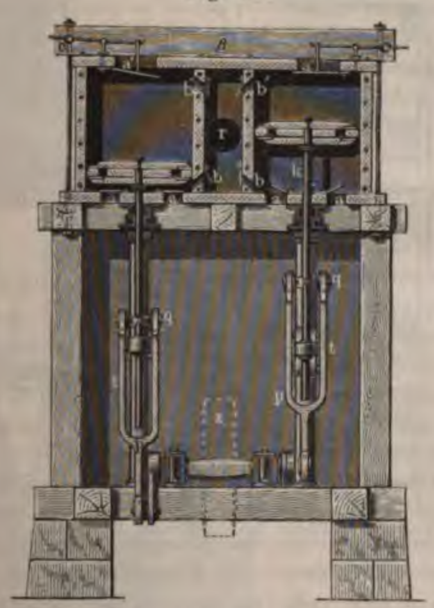


Fig. 38.



Doppeltwirkendes Kastengebläse.

kommen und einfachwirkende Cylindergebläse in einigen Gegenden, z. B. in Schweden, sehr häufig sind.

Kastengebläse.

Man unterscheidet an dem Kastengebläse vier wesentliche Theile: 1) die Kästen mit dem Windsammelkasten und Regulator, 2) die Kolben mit ihrer Liderung, 3) den Bewegungsmechanismus und 4) die Windleitung.

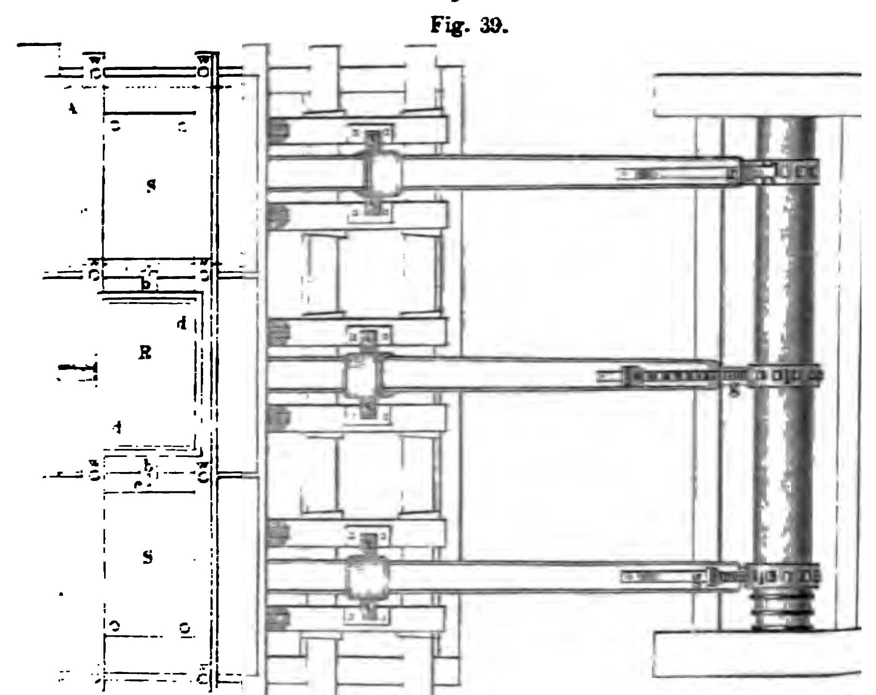
Als speciell einem Kastengebläse eigenthümlich sind indessen nur der Kasten und Kolben sammt Liderung zu betrachten. Die Figuren 39 bis 41 [2]) (auf S. 42 und 43) stellen einfachwirkende Kastengebläse dar.

---

[1]) Vergl. Tunner, Stabeisen und Stahlbereitung, 1858. Bd. I. Taf. III, Fig. 15.

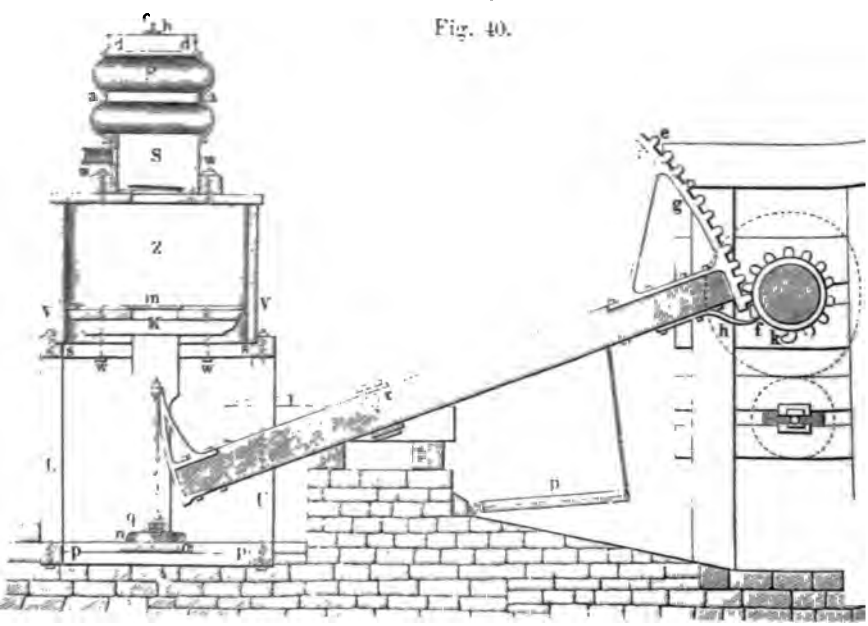
[2]) Tunner, Stabeisen- und Stahlbereitung, Bd. I, S. 201 u. f. und Taf. III, Fig. 12 u. 13 und Weisbach, Ingenieur- und Maschinen-Mechanik, III, S. 1003.

Fig. 39.



Einfachwirkendes Kastengebläse mit Balancier.

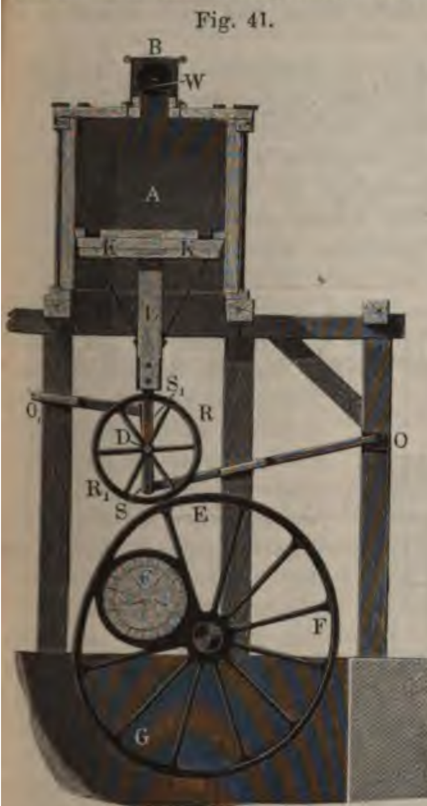
Fig. 40.



Einfachwirkendes Kastengebläse mit Balancier.

Die Kästen (Z in Fig. 40 und A in Fig. 41) sind 3 bis 6 Fuss im Quadrat weit und ebenso hoch. Sie bestehen aus gut aneinander geleimten, astfreien, 2- bis 3zölligen Bohlen (V), welche an den Ecken meist zusammengeschraubt und mit Eisenblechstreifen übernagelt sind. Der Kasten ist nach oben durch einen mit Ventil versehenen Deckel geschlossen, nach unten dagegen offen, der Kolben comprimirt daher die Luft beim Aufgange. Selten findet das umgekehrte Verhältniss statt, d. h. eine Wirksamkeit des Kolbens beim Herabgange. Man nennt die letztere Art stehende, die erstere hängende Kastengebläse. Nur bei doppeltwirkenden Kastengebläsen (Fig. 38) findet beim Herabgange des Kolbens unter demselben, beim Hinaufgange über demselben eine Compression der Luft statt. Bei den hängenden Gebläsen befindet sich über dem Kasten der Windsammler (S in Fig. 40 und B in Fig. 41) und zuweilen der Regulator (R, Fig. 40 [1]). Die Ventilöffnungen erhalten gewöhnlich jede 15 bis 20 Zoll

Fig. 41.



Einfachwirkendes Kastengebläse mit Wellfussbewegung.

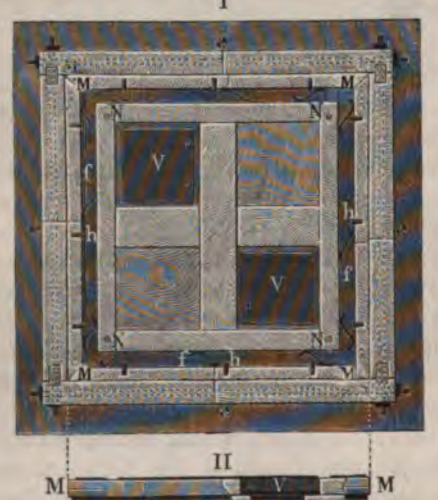
änge und Breite und einen Gesammtquerschnitt von $^1/_{15}$ bis $^1/_{12}$ des astenquerschnittes. Das Innere des Kastens muss, um die Reibung des olbens zu vermindern, möglichst glatt sein. Zu diesem Zwecke bekleidet an es häufig mit einem gut gehobelten, dichten Holze (Espe, Linde, Erle, pfel), wobei die Holzfaser senkrecht stehen muss, oder man bestreicht es it einer Masse aus Graphit und Leim [2]). 10 bis 15 Pfund fein gehlämmten Graphit trägt man unter beständigem Umrühren nach und ach in etwa 2 Maass Wasser und setzt dazu ebenfalls unter Umrühren bis 4 Pfund Tischlerleim, welchen man vorher in einer Leimpfanne mit anz wenig Wasser aufgekocht hat. Das Anstreichen geschieht 4- bis

[1]) Vergl. weiter unten. — [2]) Tunner, Stabeisen- und Stahlbereitung, Bd. I, . 203.

5mal nach jedesmaligem Eintrocknen in 6 bis 12 Stunden. schleift die aufgetragene Masse mit Bimsstein und wiederholt tionen etwa 3mal, um eine vollständig dichte und glatte O erhalten.

Der Kolben (*K*) wird aus kreuzweis verbundenen Bohlen und ist einige Linien kleiner als der lichte Querschnitt des K wöhnlich erhält er als Kolbenstange ein quadratisches, mi spreizen versehenes starkes Holz (*L*, Fig. 41), seltener (wie ist er mit zwei breiten Füssen unterfangen, die unten durch Querstück (*q*) verbunden sind. Der Kolben enthält ein od Saugventile (*m*, Fig. 40), welche zusammen einen ebenso gr schnitt als das Blaseventil haben und beim Rückgange des Luft in das Innere des Kastens einströmen lassen. Die Lide die Vorrichtung, welche einen möglichst dichten Anschluss umfangs an die Wände des Kastens bewirkt, ohne die Beweg Kolbens zu verhin entweder aus Holz che in den Kolben sind und durch ständig gegen die Kastens gepresst Fig. 42 werden d ringförmigen nach den Rahmen *NN* Raume liegenden *MM* durch die nach aussen gedr die Haken *h* abe halten), oder aus L welche durch eing haarwülste *b*, Fig. liderung), oder die comprimirte (selbstthätige St angedrückt werde

Fig. 42.



Kolben und Liderung.

Fig. 43.



Wurstliderung.

Die Bewegung wird gewöhnlich trische Scheiben Epicycloiden), auf das mit einer Ro Ende der Kolbens (in Fig. 41 ist *R* tionsrolle, *EFG* Welle *C* sitzende W durch Verzahnung

.nen direct auf die Kolbenstange wirken oder indirect mit-
s Balanciers auf sie übertragen werden (wie z. B. in Fig. 39).
r ist wohl ausnahmslos ein Wasserrad, da man für Dampf stets
lindergebläse wählen wird. Man giebt dem Kolben eine Ge-
keit von $^1/_2$ bis $1^1/_2$, höchstens aber von 3 Fuss per Minute.
Wirkungsgrad des Kastengebläses sammt zugehöriger Windlei-
ı zu 0,5, d. h. zur Hälfte der theoretisch aus Kastenquerschnitt,
und Geschwindigkeit des Kolbens berechneten Leistung, ange-
werden [1]).

Cylindergebläse.

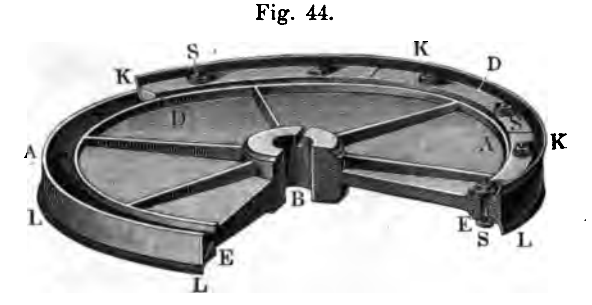
rend die Kastengebläse fast stets einfachwirkend sind, gilt als
die Cylindergebläse, dass sie doppelt wirken.
edem Cylindergebläse kommen dieselben Haupttheile in Betracht
Kastengebläse, nämlich der Cylinder mit seinen Ventilen
Kolben mit seiner Liderung.
Cylinder hat stets einen kreisförmigen Querschnitt, weil ein
n kleinsten Umfang, also die geringste Reibung im Verhältniss
heninhalt zeigt. Der Durchmesser des Cylinders pflegt ge-
zwischen 4 und 7 Fuss zu schwanken, sinkt aber bis auf 3
t bis zu 12 Fuss; die Hubhöhe des Kolbens ist meist gleich dem
ser, nur bei Schiebergebläsen grösser. Der Cylinder ist innen
; und mit Boden und Deckel versehen, welche luftdicht aufge-
und mit Stopfbüchsen für den Durchlass der Kolbenstangen
sind. Die Stärke der aus möglichst dicht gegossenem Eisen
en Cylinderwandung wird zu $^3/_4$ bis $1^1/_2$ Zoll genommen.
Ventile, welche theils nach dem Inneren des Cylinders sich

ihr eigenes Gewicht schliessen, so dürfen die Platten, aus denen sie bestehen, keine verticale Lage erhalten, anderenfalls versieht man sie mit Gegengewichten, seltener mit Federn. Um die Gebläse schnell arbeiten zu lassen, müssen die Ventile möglichst grosse Querschnitte erhalten. Um indessen bei grossen Gebläsen nicht zu grosse und daher schwere Ventile nöthig zu haben, ordnet man gewöhnlich viele kleine Oeffnungen an, welche einzeln durch kleine oder im Ganzen durch grössere Ventile bedeckt werden [1]). Man fertigt sie aus einer zwischen zwei Blechscheiben eingelegten Leder- oder Kautschukscheibe. Das Leder oder der Kautschuk bewirkt den dichten Schluss.

Um bei schnellerem Wechsel der Maschine sich von dem unvermeidlichen Pendelspiel der Ventile [2]) und dem hieraus erwachsenden Windverluste unabhängig zu machen, hat man die Klappen durch metallene Schieber ersetzt, welchen von der Umtriebsmaschine selbst eine hin- und hergehende oder rotirende Bewegung ertheilt wird. Diese Ventile sollen zuerst in England von Archibald Slate in ringförmiger Gestalt angegeben sein und sind dann in abweichender Weise als eigentliche Vertheilungs- oder Muschelschieber, sowie auch in Form von Kolben von Thomas, Laurent, Cavé, Schmidt und Anderen construirt worden [3]). Man nennt die Gebläse mit solchen Ventilen Schiebergebläse (*blowing engines with slide-valves* oder *with metallic slides*). Diese Gebläse, welche ausser der Möglichkeit eines schnelleren Ganges noch den Vortheil eines schärferen Abschlusses der Luftcanäle und daher kleineren Windverlustes haben, sind doch nicht allgemein gebräuchlich geworden, sondern haben sich auf vereinzelte Ausführungen beschränkt, einmal weil bei den heftigen Schlägen, welche die Maschine bei geringen Fehlern in der Construction erleidet, die einzelnen Theile sich so schnell abnutzen, dass dadurch alle angegebenen Vortheile wieder aufgewogen werden und ferner weil die Ausführung derselben eine schwierige ist.

Der Gebläsekolben ist stets eine Scheibe von Metall und besteht gewöhnlich aus einem durch Rippen verstärkten massiven, $^1/_2$ bis 1 Zoll starken Stücke (Fig. 44), oder er ist hohl und dann häufig aus zwei linsen-

Fig. 44.

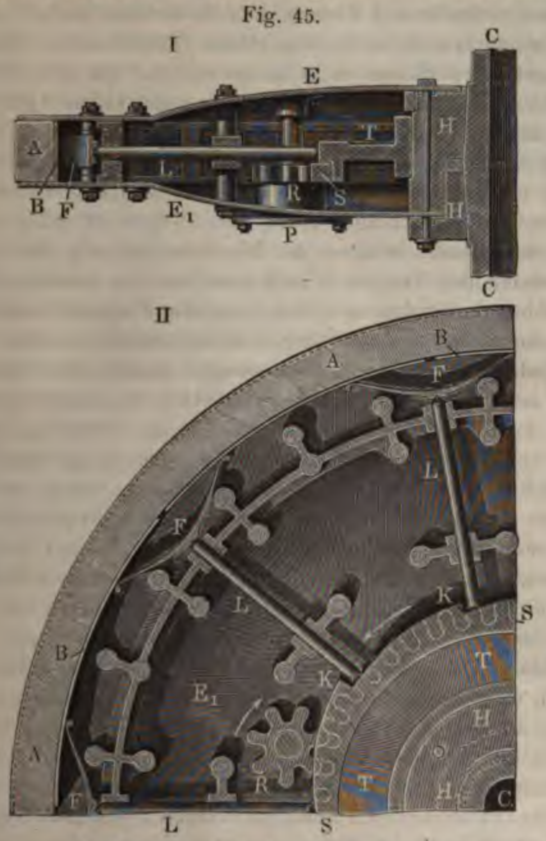


Gusseiserner Kolben eines Cylindergebläses.

[1]) Weisbach, III, 1013. — [2]) Loc. cit. u. Hauer, S. 62. — [3]) Hauer, S. 68 u. f.

igen Blechscheiben construirt, welche zwischen sich ein gusseisernes
ız tragen (Fig. 45). Zur Vermeidung des schädlichen Raumes schliesst

Fig. 45.



Kolben eines Cylindergebläses aus Blech.

die Form des Cylinderbodens und Deckels möglichst der Form des
ens an. Die **Liderung** ist entweder aus aufgeschraubten Lederstulpen
estellt (*K*, Fig. 44), oder sie besteht aus eingelegten Hanfzöpfen, Lein-
l- oder Eichenholzstücken (*A*, Fig. 45), welche zum Theil durch Fe-
F angepresst werden. Die nöthige Glätte erzeugt man durch
hit (der entweder eingerieben oder einfach eingestreut wird), oder
durch Speckstein [1]). Auch Wülste von Wolle oder Rosshaar (*pudding*)
Juchtenleder überzogen dienen zur Liderung, endlich auch Metall-
, die an einer Seite aufgeschnitten federartig gegen die Wandungen
ylinders drücken und abweichend von den eben erwähnten mit Graphit
mierten Liderungen mit Oel versehen werden müssen [2]). Häufig wird

S. **Weisbach**, III, S. 1021 u. f. — [2]) **Kerl**, Hüttenk. I, S. 600.

eine selbstthätige Liderung angebracht, d. h. eine solche, bei welcher die comprimirte Luft das Liderungsmaterial gegen die Cylinderwand presst, wodurch eine übertriebene Kolbenreibung vermieden wird.

Bei einfachwirkenden Cylindergebläsen, welche nur in einzelnen Gegenden, namentlich in Schweden, allgemein sind, lässt man drei Cylinder zusammenwirken. Solche Gebläse geben einen hinreichend gleichmässigen Windstrom, lassen sich leicht und an Ort und Stelle repariren und bedürfen seltener der Reparatur, aber sie nutzen die Betriebskraft weit weniger aus, als die doppeltwirkenden. Schweden mit seinen überflüssigen Wasserkräften und geringen Verbindungswegen ist daher wohl geeignet für einfachwirkende Gebläse, welche namentlich da, wo man Dampf als Betriebskraft anwenden muss, unökonomisch sein würden. Man findet dort ganz allgemein Gebläse mit drei stehenden Cylindern, deren Kolbenstangen von unten wie die der Kastengebläse bewegt werden.

Doppeltwirkende Cylindergebläse werden gewöhnlich mit Dampf, seltener mit Wasser betrieben. Die Dampfentwickelung lässt sich bei Hochofenanlagen durch die Gichtgase so vollständig bewirken, dass nur in seltenen Fällen ein Kohlenverbrauch zur Kesselheizung einzutreten braucht. Nur in Fällen, wo man werthlose Kleinkohlen in Menge zu Gebote hat (z. B. auf den Werken bei Glasgow in Schottland), beweist sich eine besondere Feuerung als ökonomischer.

Man unterscheidet Gebläse mit stehenden, solche mit liegenden und solche mit oscillirenden Cylindern, je nachdem die Axe des Cylinders vertical steht, horizontal liegt oder veränderlich ist.

Die Gebläse mit stehenden Cylindern sind die gewöhnlichsten. Werden dieselben durch Dampf betrieben, so steht der Gebläsecylinder entweder über dem Dampfcylinder und beide haben eine gemeinschaftliche Kolbenstange [1]) (direct wirkende Maschine), oder beide Cylinder stehen neben einander und ihre Kolbenstangen sind durch einen Balancier verbunden (indirect wirkende Maschine). Werden die Gebläse mit stehenden Cylindern durch Wasserkraft bewegt, so ist die Anordnung ähnlich. Die Wasserradwelle, welche mit Getriebe versehen ist, setzt eine Kurbelwelle in Bewegung. Diese Kurbelwelle ist dann durch eine Bläuelstange entweder mit dem Ende eines Balanciers, an dem andererseits die Kolbenstange des Gebläsecylinders befestigt ist, oder direct mit der Kolbenstange [2]) verbunden.

Gebläse mit liegenden Cylindern sind fast ausnahmslos direct wirkende Dampfgebläse, bei denen die beiden hinter einander liegenden Cylinder eine gemeinschaftliche Kolbenstange besitzen. Durch Wasserräder bewegte Gebläse mit liegenden Cylindern finden sich nur vereinzelt.

---

[1]) Es können auch zwei zwar in einer Linie liegende, aber getrennte Kolbenstangen vorhanden sein, welche durch eingeschaltete Leitstangen und Querhäupter verbunden sind. — [2]) Auch bei dieser Anordnung können zwei Bläuelstangen durch ein Querhaupt verbunden, den Gebläsekolben von oben bewegen.

ie Kolbenstange direct mit der Kurbelwelle des Motors verbun-
ann sich dieselbe nicht in derselben geraden Linie bewegen, es
n der Cylinder in schwingende Bewegung versetzt werden.
Iotor eine Dampfmaschine, so wendet man auch oscillirende
nder an, so dass also die sämmtlichen Kolbenstangen direct an
urbelwelle greifen. Man nennt solche Gebläse auch Wackler.
folgend sollen einige der gebräuchlichsten Arten der Gebläse
n und Vergleiche über die Zweckmässigkeit derselben für ge-
rhältnisse gezogen werden. Auf Einzelnheiten der Construction
gen nur in beschränktem Maasse eingegangen, da dies in das
Maschineningenieurs, nicht mehr in das des Hüttenmannes fällt.
soll hier die Berechnung des Windquantums, welches einerseits
rird, andererseits erforderlich ist, angegeben werden, denn der
n muss sich sowohl von der Leistung seiner Maschine Rechen-
en, als auch dem Maschinenbauer die nöthigen Angaben über
ge, Pressung u. s. w. machen können.

se mit stehenden Cylindern und Balancier (*beam blowing engine*).

Art von Gebläsen ist am verbreitetsten; es wird daher ein
ines englischen und eines preussischen Gebläses mitgetheilt

n Fig. 46 (S. 50), der Seitenansicht, Fig. 47 (S. 51), der End-
d Fig. 48 (S. 52), dem Durchschnitt durch den Gebläsecylinder,
e Gebläsemaschine (*blowing engine*) befindet sich doppelt auf
n Berg- und Eisenwerken bei Stoke-upon-Trent und ist von
-Foundry-Gesellschaft zu Wigan in Lancashire angefertigt wor-
e sind für sechs Hochöfen berechnet, versorgen indessen gegen-
r vier.
Dampfcylinder (*steam cylinder*) A hat $43^1/_2$ Zoll = 113,7 Cen-
rchmesser und $8^3/_4$ Fuss = 274,6 Centimeter Hub und macht
rsorgung von vier Hochöfen sechzehn Doppelhübe pro Minute.
secylinder (*blowing cylinder*) B, dessen Kolbenstange am ent-
zten Ende des Balanciers befestigt ist, hat bei $8^3/_4$ Fuss
Centimeter Hub 97 Zoll = 253,7 Centimeter Durchmesser.
Maschine arbeitet mit Condensation und mit $^1/_3$, $^1/_2$ oder $^3/_4$ Expan-
Balancier (*beam*) C besteht aus zwei mit einander verbolzten
n Stücken. Die Centrallinien der beiden Cylinder sind $29^1/_{12}$
2,7 Centimeter von einander entfernt, und die Horizontalprojec-
entrum des Dampfcylinders bis zu dem Zapfen (*gudgeon*), welcher
stange (*connecting rod*) D des Schwungrades trägt, beträgt $4^5/_6$
51,7 Centimeter. Das Schwungrad ist beiden Maschinen gemein-
und um demselben eine von der Maschine hinreichend entfernte
eben, ist das Ende des Balanciers auf $3^{11}/_{12}$ Fuss = 122,9 Cen-

timeter Höhe aufwärts gebogen. Die Bläuelstangen sind $23^1/_3$ Fuss
aus Eichenholz und mit Schmiedeisenbändern verstärkt. Das Schwun

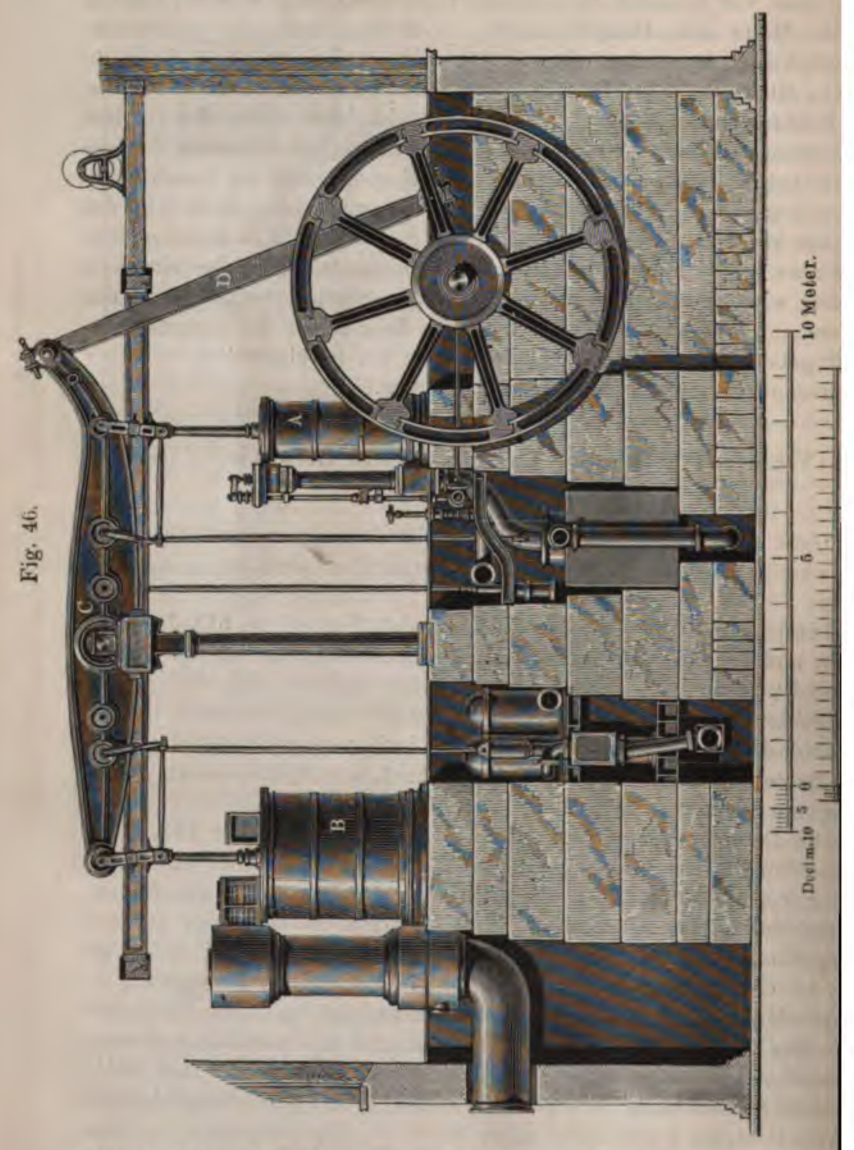
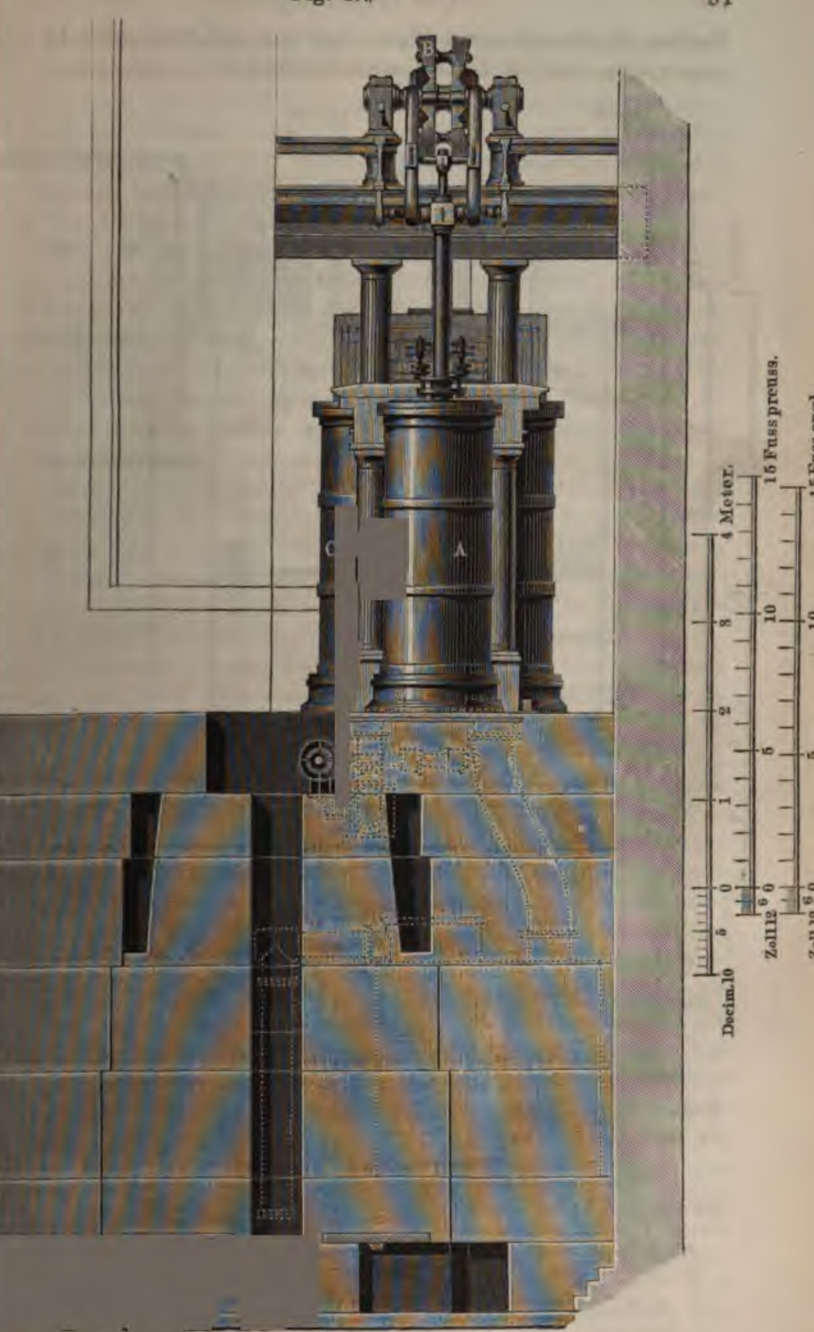


Fig. 46.

(*fly wheel*) hat $22^1/_3$ Fuss im Durchmesser und der Kranz (*rim*) dess
wiegt 240 Centner. Der Dampfüberdruck in den Kesseln, deren si
indessen nur sechs arbeitende, vorhanden sind, beträgt gewöhnlich
2 Atmosphären. Die Maschine bewegt zugleich eine Pumpe, welche

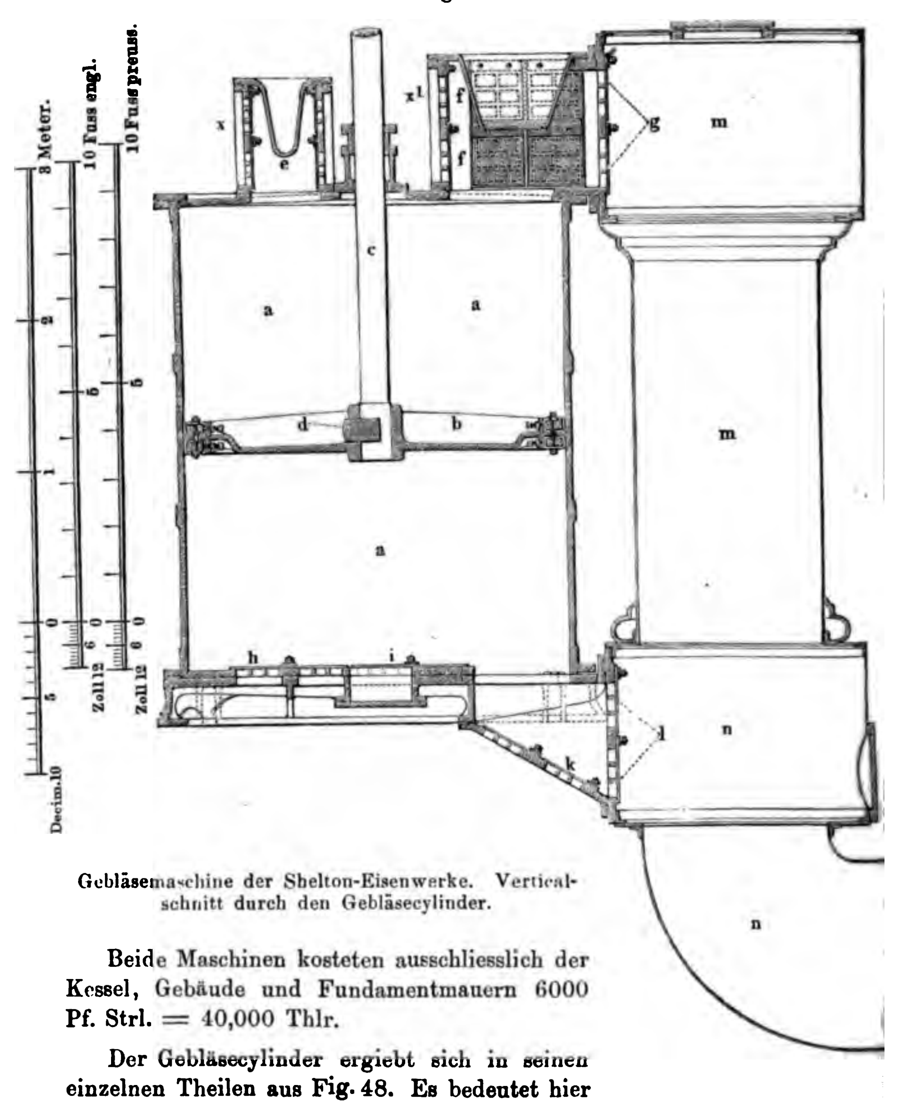
Fig. 47.



Gebläsemaschine der Shelton-Eisenwerke. Endansicht.

Formen der Hochöfen mit Wasser versorgt und welche bei 12 Zoll Durchmesser $4^5/_{12}$ Fuss = 130,3 Centimeter Hub hat.

Fig. 48.



Gebläsemaschine der Shelton-Eisenwerke. Verticalschnitt durch den Gebläsecylinder.

Beide Maschinen kosteten ausschliesslich der Kessel, Gebäude und Fundamentmauern 6000 Pf. Strl. = 40,000 Thlr.

Der Gebläsecylinder ergiebt sich in seinen einzelnen Theilen aus Fig. 48. Es bedeutet hier

a Cylinder (*cylinder*),
b Kolben (*piston*),
c Kolbenstange (*rod*), mit dem Kolben durch den Keil (*cotter*) *d* verbunden,

e und *f* sind die Einlassventile (*inlet-valves*) für die Luft über den Kolben. Die beiden Hälse oder Kästen (*boxes*) x und x^1 auf dem Cylinderdeckel sind mit zahlreichen Oeffnungen an ihren verticalen Seitenwänden versehen; innerhalb derselben (und zwar an zwei Seiten des kleineren x, an drei Seiten des grösseren Halses x^1) befinden sich mehrere lederne Klappenventile (*flap valves*), welche in Ruhe gegen die Seiten anliegen und die Oeffnungen bedecken, dagegen nach innen sich öffnen, sobald durch die Herabbewegung des Kolbens im Inneren des Cylinders eine Luftverdünnung eintritt.

h, *i* und *k* sind die Einlassventile für die Luft unter den Kolben. Der Cylinderboden ist von zahlreichen Oeffnungen durchbohrt, an deren oberer Seite ähnliche Lederklappenventile liegen, wie die vorher erwähnten, welche beim Aufgange des Kolbens sich öffnen und die Luft zutreten lassen. Ebenso verhält es sich mit der schrägen Unterseite des angesetzten Halses.

g und *l* sind die Ausblaseventile (*outlet-valves*). Sie bestehen aus einer Reihe lederner Klappenventile, welche an der vierten Seite der Hälse angebracht sind und sich bei der Compression der Luft im Innern des Cylinders nach aussen öffnen, umgekehrt aber, wenn die atmosphärische Luft in den Cylinder einströmt, durch den in der Röhrenleitung befindlichen gepressten Wind geschlossen werden.

m ist das Ableitungsrohr für den Wind. Es ist weit im Querschnitt gemacht, um einen möglichst geringen Reibungswiderstand für die Luft zu haben.

Die Figuren 49, 50 und 51 stellen eine Gebläsemaschine vor, welche nach ähnlichem Principe für die Königshütte in Oberschlesien in der königl. Maschinenfabrik zu Gleiwitz in den Jahren 1867 und 1868 erbaut worden ist. In ihrer allgemeinen Anordnung gleicht die Maschine der vorigen. Auch sie besteht aus zwei durch ein gemeinschaftliches Schwungrad gekuppelten Gebläsen. Fig. 49 zeigt die Ansicht der beiden Gebläsecylinder. Die Anordnung der Einlassventile ist hier eine andere als bei der Gebläsemaschine zu Shelton-Hütte, jedenfalls aber eine zweckmässigere, da sie in sehr einfacher und leicht zugänglicher Art am ganzen Umfange des Cylinders, sowohl oben als unten vertheilt sind. Fig. 50 zeigt die Ansicht der Dampfcylinder und zwar bei der entsprechenden Stellung beider Dampfkolben, wenn die Maschine im Gange ist, weshalb auch an dem linker Hand stehenden Cylinder, der nicht im Durchschnitt, sondern als Ansicht erscheinende Balanciertheil in Folge der höheren Stellung des Kolbens in diesem Cylinder weiter nach oben ragt, als der in Ansicht dargestellte Balanciertheil des rechter Hand stehenden Cylinders, dessen Kolben ungefähr die mittlere Stellung einnimmt. Fig. 51 zeigt einen Verticaldurchschnitt durch den Gebläse- und den Dampfcylinder. Man ersieht hieraus die dem Cylinder, Boden und Deckel angepasste Form des Gebläsekolbens, die Anordnung der Wind- und Dampfleitung, die Ver-

bindung der Kolbenstangen, der Pumpen und des Schwungr
Balancier und die Uebertragung der Bewegung von der Sch
auf die Ventilsteuerung der Dampfmaschine. An den beige
stäben lassen sich leicht die Dimensionen aller Theile gen

Fig. 49.

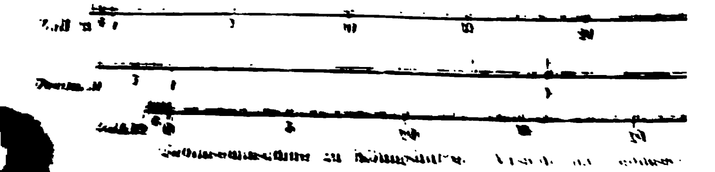
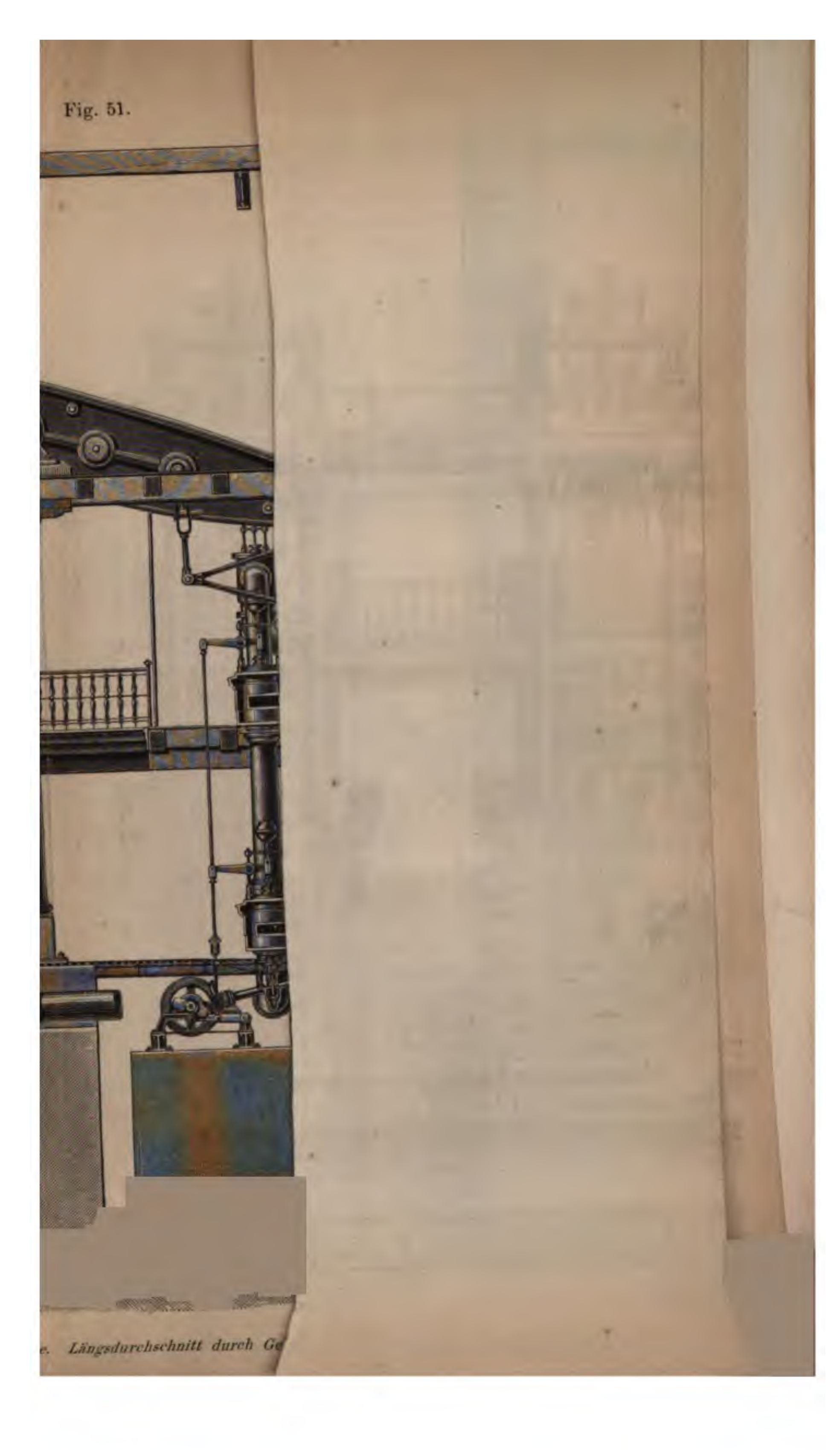


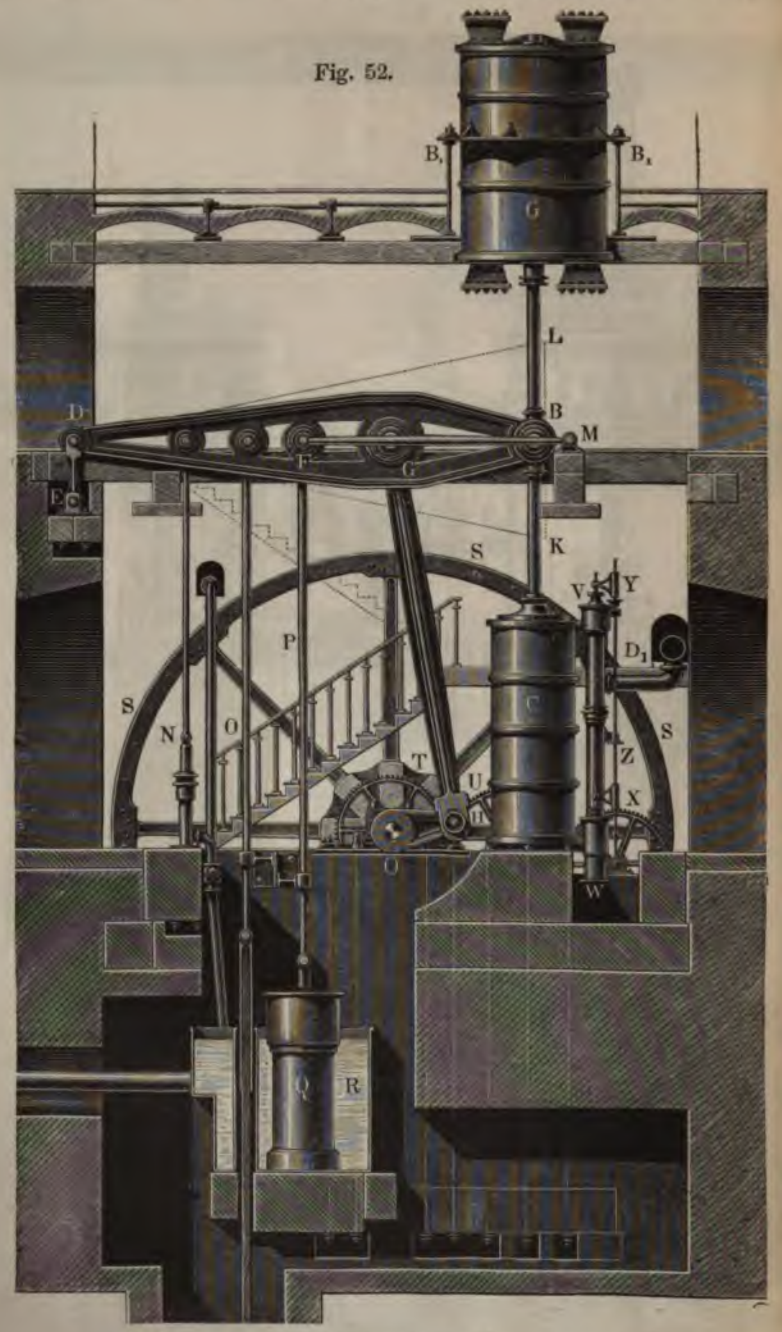
Fig. 51.



...e. Längsdurchschnitt durch Ge...

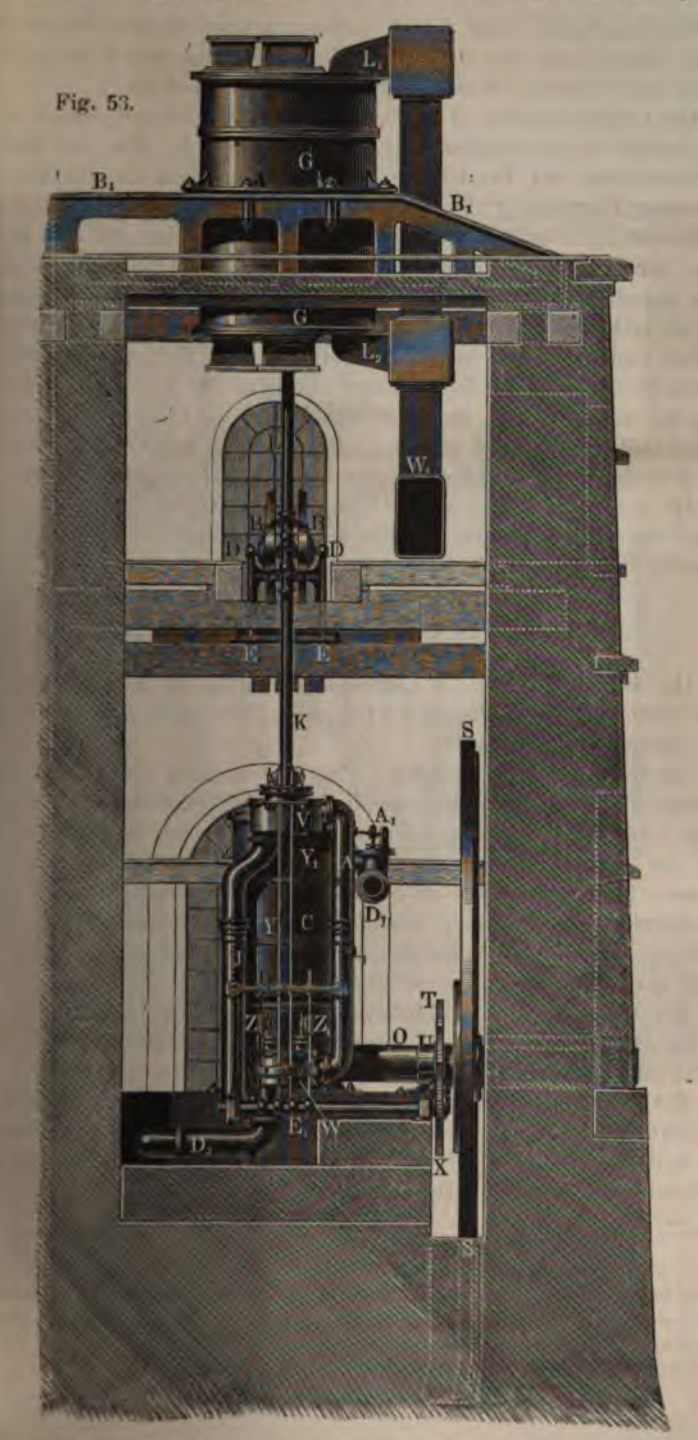

THE NEW YORK
PUBLIC LIBRARY
ASTOR, LENOX
TILDEN FOUNDATIONS

Fig. 52.



Gebläsemaschine des Seraing-Eisenwerkes. Seitenansicht.

Fig. 53.



Gebläsemaschine des Seraing-Eisenwerkes. **Vorderansicht.**


PUBLIC LIBRARY
ASTOR, LENOX
TILDEN FOUNDATIONS



Oscillirendes Cylindergebläse (Wackler).

Schliesslich wird in Fig. 56 bis 59 [1]) ein zu Malapane in Oberschlesien autes oscillirendes Cylindergebläse dargestellt, welches zugleich als spiel eines durch Wasserrad getriebenen Cylindergebläses dienen soll. Uebertragung der Bewegung von der Wasserradwelle auf die Kurwelle geschieht hier durch Zahnräder ohne Geschwindigkeitsveränderg. Die beiden Kurbeln sind um 90° gegen einander verstellt. Der resste Wind geht durch die hohlen Axen der beiden Cylinder in die ndleitung, wie dies an dem in Fig. 56 im Durchschnitt gezeichneten bläsecylinder deutlich zu sehen ist. Die Einlassventile sind mit Gegenwichten versehene Klappen.

/ergleich der verschiedenen Anordnungen von Hochofen-Cylinder-Gebläsemaschinen.

Die in dem Vorhergehenden erläuterten Beispiele erschöpfen bei eitem nicht alle in der Praxis vorkommenden Combinationen, aber sie rden dem Leser den nöthigen Anhalt gewähren, um auch ohne Abbilngen die übrigen vorkommenden Fälle zu verstehen und dem Vergleiche r auf verschiedenen Hüttenwerken ausgeführten Anordnungen in Bezug f ihre Zweckmässigkeit folgen zu können.

Wasser- und Dampfgebläse. Es ist bereits darauf hingewiesen orden, dass die grösste Zahl von Gebläsemaschinen bei Hochofenwerken it Dampf betrieben wird, weil das Brennmaterial zur Erzeugung des mpfes durch Verwendung der Hochofengase oder Benutzung sonst werthser Kleinkohlen und ähnlicher Brennstoffe verhältnissmässig billig zu schaffen ist. Wenn Wassergefälle indessen vorhanden ist, so hat man erin häufig eine noch billigere Betriebskraft. Man soll indessen nieals diese letztere allein anwenden, wenn man nicht sicher ist, sie zu der Zeit ausreichend zu Gebote zu haben. Die Einstellung eines Hochens bedingt nicht nur den Verlust an Productionswerth und Capitalzins, ndern auch sehr bedeutende Reparaturkosten. Ein Hochofen, welcher ch Jahre hindurch in Betrieb hätte sein können, wird gewöhnlich durch usblasen so beschädigt, dass er eines neuen Kernschachtes bedarf. Ist an also das ganze Jahr hindurch einer ausreichenden Wasserkraft nicht cher, so ist eine Reservedampfmaschine erforderlich. Die Capitalzinsen r dieselbe bleiben sich nun gleich, sie sei im Gange oder stehe still. Der üttenmann wird sich daher dann, wenn sich die Beschaffung einer ampfmaschine, sei es auch nur zur Aushülfe, überhaupt einmal als nothendig herausgestellt hat, zu fragen haben, ob der fortlaufende Betrieb rselben nicht billiger als die Wasserkraft einschliesslich der Zinsen vom nlagecapital der Dampfmaschine sei, und dies wird von der Entscheidung hängen, ob die Verzinsung der Anlagekosten und die Unterhaltungs-

[1]) Nach einer Aufnahme des Bearbeiters.







chtheile einer horizontalen Lage des Gebläsecylinders sind dieselben, lche bei Dampfgebläsen auftreten und dort erläutert werden sollen.

Dampfgebläse. Da die zweckmässigsten Geschwindigkeiten des mpfkolbens und des Gebläsekolbens wenig oder gar nicht differiren, so darf es bei Dampfgebläsen keiner Getriebeübersetzung.

Der Gebläsecylinder steht entweder oder er liegt und der Dampflinder hat stets eine analoge Stellung.

Hauer[1]) stellt die Vortheile und Nachtheile beider Einrichtungen gen einander, indem er sagt:

„Bei stehender Anordnung wird, um den Gebläsecylinder in gleies Niveau mit der Kraftmaschine zu bringen, ein Balancier angendt, welcher für Condensations-Dampfmaschinen zugleich das einfachste ittel zur Bewegung der Luft- und Kaltwasserpumpe darbietet, hingegen mmt zugehörigen Theilen die Anlage bedeutend vertheuert. Statt ssen kann das Gebläse über oder unter die Kraftmaschine gestellt d der Balancier weggelassen werden. Dabei ergiebt sich eine Ausdehng des Baues in die Höhe, welche eine kostspielige Fundirung erforrt. In beiden Fällen wirken die Gewichte der Kolben, Kolbenstangen d Schubstangen beim Aufgange hindernd, beim Niedergange fördernd d müssen nach Umständen ausgeglichen werden."

„Bei liegender Anordnung ist der Balancier erspart, es befinden ch sämmtliche Maschinentheile nahe dem Boden, was nicht nur die Aufcht und Wartung erleichtert, sondern auch die Fundirung vereinfacht; e oben erwähnte Gewichtsausgleichung fällt weg. Der wesentlichste inwurf gegen liegende Gebläse ist, dass die Liderung an der Unterseite s Kolbens schneller zu Grunde geht und der Cylinder mehr abgenutzt ird, indem sich die Kolbenstange unter der Last des Kolbens biegt. ient zum Betriebe eine horizontale Dampfmaschine, so leidet diese an leichen Nachtheilen, jedoch in geringerem Maasse, weil das Gewicht des ampfkolbens kleiner ist. Als Mittel dagegen sind hervorzuheben: Eine icke, hohle Kolbenstange, deren Einbiegung mithin gering ist; Führung er Kolbenstange durch beide Cylinderdeckel, so dass sie an zwei Punkn gestützt wird; endlich eine besondere Unterstützung der Kolbenangenenden durch Rollen oder stellbare Lager, welche sich ausser dem ylinder befinden. Eine vollkommene Abhülfe gewähren alle diese Mittel icht; auch sind die zu überwindenden Reibungen bei liegenden Gebläsen twas grösser. Aus diesen Gründen wählt man in der Neuzeit wieder ie stehende Anordnung."

Dampfgebläse mit stehenden Cylindern. Gebläse- und Dampfylinder solcher Maschinen stehen, wie sich aus dem Gesagten ergiebt, ntweder neben- oder übereinander. Es ist bereits darauf hingedeutet, ass im ersteren Falle ein die Anlagekosten vertheuernder Balancier an-

[1]) Op. cit. S. 90 u. 91.

gewendet werden muss. Dieser ist zwar bei übereinanderstehenden Cylindern entbehrlich, aber dennoch zur Ausgleichung des Gewichtes der beweglichen Theile und zur Anbringung der Pumpen sehr wünschenswerth. Es wird dann an Kosten wenig oder gar nicht gespart. Da nun ferner die leichtere Fundamentirung und die bequemere Zugänglichkeit der einzelnen Theile bei Reparaturen den Balanciermaschinen mit nebeneinanderstehenden Cylindern Vorzüge gegen die direct wirkenden Maschinen giebt, so empfehlen sich die ersteren dann wenn man hinreichenden Raum hat stets, namentlich aber bei unsicherem Baugrunde. Bei Hüttenwerken, welche an Hügelabhängen angelegt sind und bei denen der Raum, auf dem die Hochöfen stehen, beengt ist, sind dagegen die in die Höhe gebauten, eine kleine Quadratgrundfläche einnehmenden Gebläse mit übereinanderstehenden Cylindern vorzuziehen.

Balanciermaschinen. Bei Balanciermaschinen mit nebeneinanderstehenden Cylindern finden sich drei Anordnungen:

1) Gebläse und Dampfcylinder befinden sich an den entgegengesetzten Endpunkten des Balanciers, die Kurbelstange für das Schwungrad greift zwischen dem Aufhängepunkt des Balanciers und dem Dampfcylinder an. Dies ist bis jetzt die häufigste Anordnung in Deutschland. Solche Maschinen nehmen die verhältnissmässig geringste Länge ein, aber das Schwungrad ist der Zugänglichkeit des Dampfcylinders sehr hinderlich.

2) Gebläse- und Dampfcylinder stehen wie bei der vorhergehenden Anordnung an beiden Seiten vom Aufhängepunkte des Balanciers, aber die Schwungradkurbelstange greift an einer hornartigen Verlängerung des Balanciers ausserhalb des Dampfcylinders an. Die Länge der Maschine wird vergrössert, aber das Schwungrad ist durchaus nicht hinderlich. Diese ursprünglich englische Anordnung ist in Fig. 46 bis 51 dargestellt; sie scheint den Sieg über alle anders angeordneten Gebläsemaschinen davon zu tragen und findet immer allgemeinere Verbreitung.

3) Der Gebläsecylinder steht zwischen Dampfcylinder und Aufhängepunkt des Balanciers. Die Kurbelstange des Schwungrades greift am anderen Ende des Balanciers an. Eine solche Construction, wie sie z. B. auf der Johannishütte bei Duisburg ausgeführt ist, bedingt dieselbe Längenausdehnung wie die erste Anordnung. Es ist hier der Weg des Dampfkolbens länger als der des Gebläsekolbens, was einige Vortheile bietet, aber der Nachtheil liegt darin, dass der Dampfcylinder wegen seiner grösseren Länge tiefer stehen muss, als der Gebläsecylinder. Da übrigens die Ungleichheit des Weges beider Kolben bei den ersten beiden Anordnungen auch erreicht werden kann, wenn man den Balancier ungleicharmig macht und da durch das enge Zusammenlegen beider Cylinder der Vortheil der leichten Zugänglichkeit einigermaassen aufgehoben wird, so hat sich diese Art von Gebläsen nicht viel Eingang verschafft.

Maschinen mit übereinanderstehenden Cylindern. Bei übereinanderstehenden Cylindern kann die Bewegung des Dampfkolbens durch

eine gemeinschaftliche Kolbenstange direct auf den Gebläsekolben übertragen werden oder die Bewegung des Dampfkolbens wird auf ein Querhaupt und von diesem auf den Gebläsekolben übertragen. Diese letztere Anordnung wird zur Nothwendigkeit, wenn der Dampfcylinder direct auf dem Gebläsecylinder aufsitzt (Schmidt'sches Gebläse), weil man zwischen beiden keine Stopfbüchse anbringen kann, oder wenn man mit zwei Dampfcylindern, d. h. einer Woolf'schen Dampfmaschine arbeitet.

Mit dem Querhaupt werden zugleich die Kurbelstangen der Schwungräder verbunden, deren man, um das Gleichgewicht herzustellen, zwei bedarf, falls man nicht ein einziges über beiden Cylindern anordnen will, oder falls man nicht einen einarmigen (Evans'schen) Balancier anbringt, an dem die Kurbelstange nur eines Schwungrades angreift. Welche Anordnung der Schwungräder man wählt, dürfte übrigens ziemlich gleichgültig sein.

Die unmittelbare Verbindung beider Cylinder hat den Nachtheil, dass man zur Reparatur des Gebläsekolbens stets den ganzen Dampfcylinder sammt Zubehör abheben muss. Man wendet daher fast stets Cylinder an, welche einen hinreichenden Abstand von einander haben, um jeden für sich bei Reparaturen zugänglich zu machen.

Obgleich der Gebläsecylinder der grössere und schwerere Theil ist und daher am leichtesten unter dem Dampfcylinder anzuordnen ist, so wählt man doch gewöhnlich die umgekehrte Anordnung und stellt den Gebläsecylinder über den Dampfcylinder. Dies hat darin seinen Grund, dass der stets durch die Stopfbüchse dringende condensirte Dampf im ersten Falle auf den kalten Gebläsecylinder tropft und zum schnellen Rosten Veranlassung giebt.

Gebläse mit Kurbelübertragung. Dampfgebläse mit stehenden Cylindern, bei welchen die Bewegungsübertragung durch Kurbelwellen stattfindet, kommen selten in Anwendung, da die Welle, um hinreichend fest zu liegen, unter den Gebläsecylindern angeordnet sein muss und dadurch complicirte Constructionen entstehen.

Dampfgebläse mit liegenden Cylindern. Dieselben werden meistentheils direct wirkend angeordnet. Eine Uebertragung durch Kurbelwelle findet nur in dem seltenen Falle statt, in dem ein Dampfcylinder mit mehreren Gebläsecylindern combinirt werden soll. Man legt dann alle Cylinder auf dieselbe Seite der die Schwungräder tragenden Kurbelwelle und erhält dadurch allerdings bei Mangel an Raum eine gedrängtere Anlage, als wenn man die Cylinder hinter einander legt. Im Uebrigen ist aber die letztere Anordnung die einfachste und daher gebräuchlichste. Man legt dann den Gebläsecylinder hinter den Dampfcylinder und vor den letzteren die Schwungradwelle, seltener bringt man die Schwungradwelle zwischen den beiden Cylindern an.

Dampfgebläse mit oscillirenden Cylindern werden nur bei sehr beschränktem Raum angewendet. Man hat hierzu wohl alte Schiffs-

maschinen verwerthet. Die Schwierigkeit der Dichthaltung der o
renden Dampfmaschinen hat, da man meist nicht so sehr im R
beengt ist, ihre Verbreitung gehindert.

Dampfgebläse ohne Schwungräder. Bei allen den geschild
Arten von Gebläsen wendet man jetzt Schwungräder an. Sie haben
den Nachtheil, dass man von der im Uebrigen einfach hin- und
gehenden Bewegung, eine rotirende Bewegung, abzweigen muss, abe
Einfachheit, welche das Fehlen von Schwungrädern in der Constru
der Maschine mit sich bringt, wird mehr als aufgewogen durch die
fahr, welche durch den nur vermittelst der Umsteuerung oder mit I
von Puffern und Fangböcken begrenzten Hub herbeigeführt wird. We
man übereinanderliegende Cylinder an, so ist schon zum Ausgleiche
Kolben- und Stangengewichtes ein Contrebalancier geboten.

Die Dimensionsverhältnisse der Ventile.

Abgesehen von der absoluten Grösse des Gebläsecylinders und
Geschwindigkeit des Kolbens, welche von dem Bedarf an Wind abhä
sind und deren Bestimmung Gegenstand des folgenden Abschnitts
wird, kommt besonders das Verhältniss des Querschnitts der Saug-
Blase- oder Druckventile zu dem des Kolbens in Betracht. Redt
bacher [1]) giebt folgende Verhältnisse an:

Der Querschnitt der Saugventile verhält sich zu dem des Kolbens
bei Kastengebläsen . . . . = 1 : 15 bis 12
bei Cylindergebläsen . . . . = 1 : 10 bis 9
Der Querschnitt der Blaseventile zu dem des Kolbens
bei beiden Maschinen . . . . = 1 : 22.

Bei praktischen Ausführungen stellen sich die Zahlen indessen n
unwesentlich anders, z. B. [2]):

Hochofen-Cylindergebläse zu	Verhältniss der Saugventile zum Kolben = .	Verhältniss der Druckven zum Kolben
1. Malapane	1 : 10,0	1 : 17,2
2. Königshütte (Wedding-Gebläse) . . .	1 : 7,9	1 : 14,4
3. „ (Reden-Gebläse)	1 : 9,4	1 : 10,6
4. Laurahütte	1 : 7,5	1 : 11,0
5. „	1 : 8,1	
6. Als Mittel aus vielen Beispielen findet Dürre für schlesische Gebläse . . .	1 : 10,7	1 : 15,57
7. Shelton	1 : 2,7	1 : 6,1
8. Braunschweig (Röhrig)	1 : 1,4	1 : 8

[1]) Resultate für den Maschinenbau von F. Redtenbacher. 1860. S. 364
[2]) 1. bis 6. nach handschriftlichen Berechnungen des Herrn Dürre, Assi
ten an der Bergakademie zu Berlin.

Mithin dürften jene von Redtenbacher angegebenen Verhältnisse als Minima anzusehen sein. Bei neueren Hochofengebläsen wenigstens geht man mit dem Querschnittsverhältniss der beiden Ventilarten weit höher, was daher rühren mag, dass man im Allgemeinen jetzt einen schnelleren Gang der Maschine vorzieht.

Hauer[1]) nimmt für Cylindergebläse zwar auch an, dass man den Oeffnungen der Druckventile an jedem Cylinderdeckel das Verhältniss zum Kolben = 1 : 15 bis 9 bei geringerer Pressung geben müsse, setzt dagegen bei grösserer Kolbengeschwindigkeit das Verhältniss = 1 : 6 an, während die Saugventile nach ihm das 1,5- bis 2fache des summarischen Druckventilquerschnitts zur Grösse erhalten sollen. Indessen haben die Engländer, wie sich aus dem Beispiele der Shelton-Maschine ergiebt, auch dies Verhältniss weit überschritten und man hat es ihnen auf preussischen Werken mit Vortheil nachgeahmt.

Durchmesser, Hubhöhe und gelieferte Windmenge der Kolbengebläse.

Wenn A den Querschnitt des Gebläsecylinders und L die Hubhöhe des Kolbens ausdrückt, beides in Fussen, und N die Zahl der einzelnen Hübe pro Minute, so ist die Luftmenge atmosphärischer Dichtigkeit, welche vom Cylinder eingesaugt wird,

$$= NAL \text{ Cubikfuss.}$$

Sind mehrere (n) Cylinder vorhanden, so ist das Gesammtquantum $Q = nNAL$ Cubikfuss, vorausgesetzt, dass die Ventile sich schnell genug öffnen, gross genug sind, und die Bewegung des Kolbens langsam genug vor sich geht, um eine Luftverdünnung zu verhüten. Für genaue Berechnungen ist es nöthig, von dem Product NAL den Inhalt der Kolbenstange, sowie den schädlichen Raum abzuziehen, d. h. den Raum, welcher zwischen Kolbenoberfläche und Cylinderdeckel oder Boden am Ende des Hubes übrig bleibt.

Es ist theoretisch mithin gleichgültig für die Luftmenge, welche geliefert werden soll, in welchem Verhältniss $N : A : L$ stehen, wenn nur das Product das gleiche ist. In der Praxis haben sich aber bestimmte Verhältnisse als die besten herausgestellt. Nämlich erstens das Verhältniss vom Durchmesser zur Hubhöhe ungefähr = 1 : 1 und die Kolbengeschwindigkeit zwischen 170 und 300 Fuss pr. Minute; nach Hauer[2]) ist die Geschwindigkeit gewöhnlich = 240 bis 300, bei besonders guter Anordnung = 360 Fuss zu setzen, was mit der Praxis mehr übereinstimmt, als die Angabe Redtenbacher's[3]), welcher für eiserne Cylindergebläse nur 170 bis 230 Fuss angiebt, obwohl diese letztere Geschwindigkeit theoretisch wohl gerechtfertigt und daher beachtenswerth erscheint.

Die folgenden Tabellen geben einige praktische Beispiele:

---

[1]) Op. cit. 62. — [2]) Op. cit. S. 55. — [3]) Op. cit.

Gebläse[1]).	Art.	Durchmesser. Zoll	Hubhöhe. Zoll
Weddingmaschine in Königshütte	steh., indir.	86	94
Redenmaschine in Königshütte	desgl.	75	108
Laurahütte	desgl.	82	108
Biskupitz	steh., dir.	96	96
Shelton	steh., indir.	97	105
Braunschweig (Röhrig)	lieg., dir.	96	72
Linthorp bei Middlesboro'	steh., dir.	66	48
Barrow	desgl.	68	84
desgl.	desgl.	68	96
Gartsherrie	steh., indir.	75	84
desgl.	desgl.	90	84
Elswick bei Newcastle	desgl.	90	84
Workington	desgl.	84	96
desgl.	desgl.	104	108
Middlesboro'	desgl.	96	96
desgl.	desgl.	84	84
Dowlais	desgl.	132	96
Oberhausen	desgl.	80	96

Da die Geschwindigkeit des Kolbens in Fussen pr. Minute v der Hubhöhe L mal der Zahl der Hübe N ist, so findet man au Volumen Luft Q, welches pr. Minute eingesaugt wird, aus diesen Grössen multiplicirt mit der Zahl der Cylinder n und dem Cy querschnitt A, z. B.:

Gebläse.	Wechselzahl pro Minute $\frac{N}{2}$.	Kolbengeschwindigkeit $v(=LN)$. Fuss pr. Minute	Cylinderquerschnitt A. □ Fuss	Zahl der Cylinder n.
Linthorp bei Middlesboro'	42	336	23,75	3
Barrow	16	224	25,22	4
desgl.	16	256	25,22	4
Gartsherrie	16	224	30,68	1
desgl.	22	308	44,18	1
Elswick bei Newcastle . .	10	140	44,18	2
Workington	20	320	38,48	1
desgl.	17	306	58,59	1
Middlesboro'	19	304	50,26	2
desgl.	20	280	38,48	3
desgl.	18	288	95,03	1
Oberhausen	18	288	34,90	3

[1]) Verhandlungen des Gewerbevereins in Preussen 1867. Zeitschr. f. Hütten- u. Salinenwesen in Preussen 1866. 4. Lief.; Redtenb. Resultat theilungen von Dürre.

Nach **Dressler**[1]) ergeben sich mit Zugrundelegung einer grossen Zahl englischer Maschinen folgende Verhältnisse zwischen Kolbenhub und Kolbengeschwindigkeit:

Kolbenhub.	Wirkliche	Zweckmässige	Wirkliche	Zweckmässige
	Zahl der Wechsel pr. Minute.		Geschwindigkeit.	
Fuss			Fuss	Fuss
4	42	22	336	176
5	22 — 54	$18^1/_2$	220 — 540	185
6	16	$16^1/_4$	192	195
7	10 — 22	$14^1/_2$	140 — 308	203
8	12 — 20	$13^1/_2$	192 — 320	216
9	17	$12^1/_2$	306	225
10	10 — 16	$11^1/_2$	200 — 320	230
11	—	11	—	242
12	15	$10^1/_2$	360	252

Die grossen Kolbengeschwindigkeiten englischer Maschinen sind meist eine Folge der gesteigerten Ansprüche an die Roheisenproduction, welche eine stärkere Ausnutzung der Maschinen bedingen, als dem Maasse entspricht, für welches diese ursprünglich construirt waren.

Die Wirkung der Gebläsemaschine besteht zuerst in einem Zusammenpressen der eingesogenen Luft zu dem Grade, welcher der Dichtigkeit des in der Windleitung oder dem Regulator vorhandenen Windes entspricht, sodann in einem Ausblasen der comprimirten Luft in die letzteren Vorrichtungen. Beträgt die Pressung des Windes in der Windleitung p Pfund pr. Quadratfuss über den Druck der Atmosphäre, so ist, wenn P = dem Druck der Atmosphäre, der Gesammtdruck $P_1 = P + p$. Das Volumen dieser comprimirten Luft wird nach dem **Mariotte**'schen Gesetze, welches für niedrige Pressungen hinreichende Gültigkeit hat, sein

$$Q_1 = Q\frac{P}{P_1}.$$

Dies theoretisch berechnete Volumen erleidet aus vielen Gründen, namentlich aber wegen der Unvollkommenheit aller Ventile, in der Praxis wesentliche Einbusse. Man hat daher $Q\frac{P}{P_1}$ noch mit einem Erfahrungscoëfficienten (der das Verhältniss der ausgeblasenen zu der durch Rechnung bestimmten angesogenen Luftmenge bezeichnet und **Windeffect** genannt wird) zu multipliciren, so dass, wenn wir ihn mit φ bezeichnen,

$$Q_2 = \varphi\, Q\frac{P}{P_1}.$$

[1]) Zeitschr. f. Berg-, Hütten- u. Salinenwesen, loc. cit.

Diese Grösse φ richtet sich nach der Construction, der mehr oder weniger guten Ausführung und sorgfältigen Unterhaltung der Gebläse und beträgt in den günstigsten Fällen über 0,9 [1]), im Durchschnitt indessen nur 0,7.

Ueber die Pressung p soll später noch Ausführlicheres mitgetheilt und hier nur bemerkt werden, dass man, um kleinere Zahlen zu erhalten, den Ueberdruck meist durch Pfund pr. □ Zoll ausdrückt, diese Pfundzahl also, um p, den Ueberdruck pr. □ Fuss, zu finden, mit 144 zu multipliciren hat. Der Druck der Atmosphäre beträgt circa 14 preuss. Pfund [2]) pr. preuss. □ Zoll, 2031 Pfund pr. □ Fuss.

Der Ueberdruck beträgt bei Holzkohlenöfen . . . $^3/_4$ bis 2 Pfd. pr. □Zoll
„ „ „ „ Kokshochöfen . . . . 1 „ 3 „ „ „
„ „ „ „ Anthracitöfen . . . . $2^1/_2$ „ 4 „ „ „

Die folgende Tabelle giebt das Anhalten bei praktischen Berechnungen:

Ueberdruck p pr. □Zoll Pfund	Ueberdruck p pr. □Fuss Pfund	Daher der Gesammtdruck $P_1 = (P + p)$ Pfund	$\frac{P}{P_1} =$
$^1/_2$	72	2103	0,966
$^3/_4$	108	2139	0,949
1	144	2175	0,934
$1^1/_4$	180	2211	0,919
$1^1/_2$	216	2247	0,904
$1^3/_4$	252	2283	0,889
2	288	2319	0,876
$2^1/_4$	324	2355	0,862
$2^1/_2$	360	2391	0,849
$2^3/_4$	396	2427	0,837
3	432	2463	0,825
$3^1/_4$	468	2499	0,813
$3^1/_2$	504	2535	0,801
$3^3/_4$	540	2571	0,790
4	576	2607	0,779
$4^1/_4$	612	2643	0,768
$4^1/_2$	648	2679	0,758
$4^3/_4$	684	2715	0,748
5	720	2751	0,738

[1]) Hauer, op. cit. S. 55. — [2]) Genauer:
14,103 Pfund pr. □Zoll = 2030,8 Pfund pr. □Fuss preuss.
14,66 „ „ „ = 2011,2 „ „ „ engl.
1,0308 Kilogrm. pr. □Centim. = 10308 Kilogrm. pr. □Meter.

Beispiel. Bei dem Gebläse zu Shelton ist der Gebläsecylinder 97 Zoll im Durchmesser, hat $8^3/_4$ Fuss Hub und macht 32 Einzelhübe oder 16 Wechsel pr. Minute; daher ist

$$A = 51{,}3 \ \square\text{Fuss},$$
$$L = 8{,}75 \ \text{Fuss}$$
$$N = 32$$

und

$$NAL = 14{,}364 \ \text{Cubikfuss},$$

da zwei Gebläsecylinder vorhanden sind, das eingesogene Luftvolumen pr. Minute $2 \cdot 14{,}364 = 28{,}728$ Cubikfuss. Die Luft wird zu einer Pressung von 3 Pfund pr. Quadratzoll verdichtet, also ist

$$P = 2031$$
$$p = 432$$
$$P_1 = P + p = 2463,$$

und das pr. Minute gelieferte Windquantum:

$$Q_1 = Q \frac{P}{P_1} = 28{,}728 \cdot 0{,}825 = 23{,}700 \ \text{pr. Cubikfuss},$$

oder mit Berücksichtigung des Coëfficienten $\varphi = 0{,}7$:

$$Q_2 = \varphi Q \frac{P}{P_1} = 0{,}7 \cdot 23{,}700 = 16{,}590 \ \text{pr. Cubikfuss}.$$

b. Regulatoren und Röhrenleitungen.

Aus dem Gebläse geht der Wind in die Röhrenleitung, welche ihn zu den Winderhitzungsapparaten oder zu den Ofenformen leitet. Ist die Röhrenleitung weit und lang, so compensirt sich die Ungleichmässigkeit des aus dem Gebläsecylinder ausströmenden Windes, welche an sich schon durch Zusammenarbeiten mehrerer Gebläsecylinder vermindert wird, hinreichend; ist dies nicht der Fall, so muss man die Unregelmässigkeit des Druckes durch eingeschaltete Regulatoren ausgleichen.

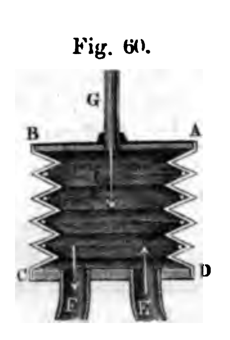
Diese Unregelmässigkeit wird theils dadurch veranlasst, dass alle Kolbengebläse intermittirend wirken, da ihre Wirksamkeit im Moment des Hubwechsels unterbrochen wird, theils darin, dass die Ventile sich immer nur in Folge eines Ueberdruckes der Luft, folglich nicht eher öffnen, bis der Gebläsekolben schon einen Theil des Weges zurückgelegt hat.

Regulatoren (*Receiver, regulator of blast*).

Man hat Regulatoren, welche einen veränderlichen Inhalt haben, und solche, deren Inhalt unveränderlich ist. Man unterscheidet bei denjenigen mit veränderlichem Inhalte Trocken- und Wasser-Regulatoren. Erstere bestehen entweder in sogenannten Leder- oder Balgregulatoren, d. h. mit Gewichten beschwerten Bälgen, welche bei Kastengebläsen öfters Anwendung finden, oder in Kolbenregulatoren, d. h. mit Gewichten belasteten, in Holzkästen oder Cylindern luftdicht geliderten Kolben, welche von dem Windstrome getragen werden. Sowohl

die Balgregulatoren als die Kolbenregulatoren geben zu vielen Windverlusten Veranlassung und bedürfen häufiger Reparaturen. Bei den

Fig. 60.



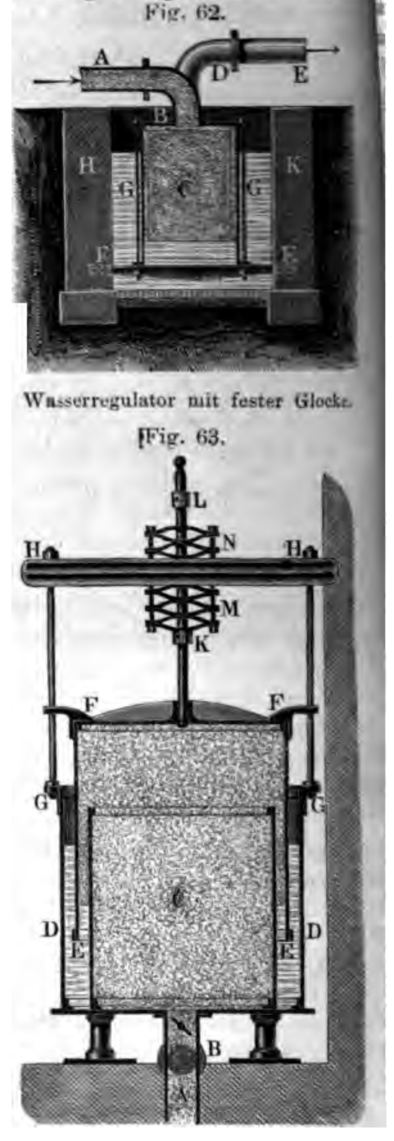
Balgregulator.

Fig. 61.



Kolbenregulator.

Fig. 62.



Wasserregulator mit fester Glocke.

Fig. 63.

Wasserregulator mit schwimmender Glocke.

Wasserregulatoren wird die Pressung des Windes durch den Druc einer Wassersäule regulirt. Der Wind tritt hierbei entweder unter eine fest stehende, oder unter eine mit Gewichten beschwerte schwimmende Glock

Während die Lederregulatoren in Folge des Materials leicht schadhaft und undicht werden, die Kolbenregulatoren eine schwer dicht zu erhaltende Liderung erfordern, sind die Wasserregulatoren leichter zu unterhalten.

Die erwähnten vier Arten von Regulatoren mit veränderlichem Inhalt sind durch die Figuren 60 bis 63 veranschaulicht.

Fig. 60 ist ein Balgregulator. Der Wind tritt durch *E* ein und durch *F* aus, das Gewicht *G* drückt die Platte *AB* der Pressung entsprechend mehr oder weniger herab.

Fig. 61 ist ein Kolbenregulator (*floating-piston-regulator*). Derselbe steht durch das Rohr *AB* mit der Windleitung in Verbindung und wird durch den geliderten Kolben *DD* abgeschlossen. Der Kolben ist durch Gewichte *G* belastet. Die Kolbenstange ist mit dem Querhaupte *HH* verbunden, welches die Leitstangen *HL* umfasst. Die Kette *OK*, an der ein kleines Gewicht *Q* hängt, steht mit der Drosselklappe *B* in Verbindung und schliesst dieselbe, wenn der Kolben zu hoch hinaufgeworfen wird, in welchem Falle er an den Stift *K* anstösst.

Fig. 62 stellt einen einfachen Wasserregulator mit feststehender Glocke dar. In dem gemauerten Kasten *HKEF* ist der eiserne unten offene Kasten (die Glocke) *C* angebracht. Durch das Rohr *AB* tritt der Wind in denselben ein und durch *DE* wieder aus. Die je nach der Pressung des Windes veränderliche Wassersäule *G*, welche von unten auf den in *C* befindlichen Wind drückt, dient als Regulator.

Fig. 63 stellt einen Regulator mit schwimmender Glocke (*floating bell*) dar. Der Behälter *C* communicirt durch das Rohr *B* mit der Windleitung und steht in dem weiteren Behälter *DD*; die Glocke *EF* steht mit der offenen Seite nach unten in dem mit Wasser angefüllten Raume zwischen den beiden ersten Behältern und wird an den Stangen *GH* geleitet. Der Hub derselben nach oben und nach unten wird durch die Federn *M* und *N* begrenzt.

Da die Regulirung des Windstromes auf der wechselnden Bewegung der Balgwände (Fig. 60), des Kolbens (Fig. 61), der Wassersäule (Fig. 62) oder der Glocke (Fig. 63) beruht, und da zu dieser Bewegung eine bestimmte Kraft und Zeit verbraucht wird, so erlangt man bei grösseren Mengen, namentlich hoch gepresster Gebläseluft, nur dann eine hinreichende Gleichmässigkeit des Windstromes, wenn die Regulatoren sehr gross sind. Je beweglicher ein Regulator ist, desto kleiner kann er sein, und aus diesem Grunde ist der in Fig. 63 dargestellte der beim kleinsten Volumen vollkommenste.

Man nimmt den Fassungsraum der Balg- und Kolbenregulatoren zwar oft nur 1- bis $1\frac{1}{2}$fach so gross als den des Gebläsecylinders, sollte ihn indessen nicht unter 4- bis 5mal so gross construiren. Bei Wasserregulatoren mit beweglicher Glocke wendet man 1- bis 3faches, bei Wasserregulatoren mit feststehender Glocke 10- bis 20faches Volumen des Gebläsecylinders an.

Aus den angeführten Gründen kommen alle Regulatoren mit veränderlichem Volumen nur bei verhältnissmässig kleinen Windmengen, namentlich bei kleinen Holzkohlenhochöfen zur Anwendung.

Bei grösseren Windmengen und höheren Pressungen benutzt man allgemein Regulatoren mit unveränderlichem Inhalte. Je grösser ihr Volumen im Verhältnisse zu dem Volumen des Gebläsecylinders ist, um so mehr wird sich in Folge der gleichmässigen Vertheilung des intermittirend einströmenden Windes in der im Regulator vorhandenen Windmenge die Ungleichförmigkeit der Pressung ausgleichen. Je nach Stärke der Windpressung, nach Länge und Weite der Leitungen und nach Anzahl der Gebläsecylinder giebt man dem Regulator das 10- bis 50fache Volumen des pr. Secunde in denselben gesendeten Windes, richtiger ist es indessen, mindestens das 60fache Volumen zu nehmen, wenn man nur einen Gebläsecylinder hat. Sind, nach Hauer, Windmenge, Pressung und Kolbengeschwindigkeit, sowie Verhältniss des Hubes zum Cylinderdurchmesser constant, so verhalten sich die nothwendigen Fassungsräume des Regulators für Gebläse mit einem, zwei und drei doppeltwirkenden Cylindern $= 1 : {}^1/_{14} : {}^1/_{59}$. Ist die Röhrentour, welche den Wind zum Ofen leitet, selbst hinreichend weit und lang, so bedarf es gar keines besonderen Regulators.

Um theoretisch die Grösse eines Regulators zu finden, bedient man sich, nach Weisbach, folgender Formeln, deren erste für den Fall gilt, dass man es mit einem doppeltwirkenden oder zwei einfachwirkenden Cylindern zu thun hat, während die zweite zwei doppeltwirkende voraussetzt:

$$W = 0{,}2105 \frac{b}{\delta h} C \quad \text{und}$$

$$W_1 = 0{,}0422 \frac{b}{\delta h} C,$$

worin W und W_1 der Inhalt des Regulators, C der des Gebläsecylinders, b der Barometerstand und h der Manometerstand in Zollen Quecksilbersäule, $\delta = \frac{z}{h}$, d. h. das Verhältniss der grössten Veränderung der Windpressung z zum mittleren Manometerstand h, der „Regulirungsgrad“ ist. δ schwankt zwischen 0,04 bis 0,06 und beträgt durchschnittlich 0,05 [1]).

Man fertigt diese Regulatoren in Form von Kugeln oder Cylindern mit halbkugelförmigen Stirnflächen aus Kesselblech; selten mauert man sie. Die eisernen sind zwar der Zerstörung durch Rost ausgesetzt, aber auch leicht zu repariren, die gemauerten dagegen sehr schwer luftdicht herzustellen.

---

[1]) Weisbach III, 1065. Wenn der Druck ein sehr hoher ist, so genügen diese einfachen Formeln nicht, man würde ein zu hohes Resultat damit erlangen.

Röhrenleitung (*Blast-pipe, main-pipe*).

Mehr oder minder lange Röhrenleitungen führen den Wind, wie its erwähnt, aus dem Regulator in einen Winderhitzungsapparat, auch — wiewohl nur in seltenen Fällen — direct zum Ofen. Der schnitt dieser Röhrenleitungen soll $^1/_{20}$ von der Summe der Queritte sämmtlicher doppeltwirkender Cylinder oder $^1/_{10}$ von der Summe Querschnitte sämmtlicher einfachwirkender Kasten betragen [1]). Für zwischen Winderhitzungsapparat und Ofen liegenden Theil der Röhmöge hier erwähnt werden, dass der Querschnitt um $1 + 0{,}00367\, t$ ›ei t die Temperatur des erhitzten Windes) vergrössert werden muss. kann auch die Weite der Röhren von der gegebenen Geschwindigdes Windes abhängen lassen, giebt diese bei kurzen Windleitungen grossen Windmengen zu 70 Fuss und bei geringen Pressungen und en Windleitungen zu 35 Fuss pr. Secunde und erhält dann den chmesser der Röhrenleitung

$$d = 1{,}13 \sqrt{\frac{Q}{v_1}},$$

ei Q das Quantum des vom Gebläse gelieferten Windes, v_1 die Gerindigkeit des Windes in der Röhrenleitung in Fussen pr. Secunde ›utet [2]).

Wendet man keine Regulatoren an, so genügen die so gefundenen len gewöhnlich nicht. Man hat dann die Durchmesser grösser zu men. In England wählt man in solchen Fällen bei kürzeren Leitunmindestens einen Durchmesser von $4^1/_2$ Fuss, bei längeren dagegen gt man bis zu 6 Fuss und hat dann nur einen kaum merklichen Presgsverlust.

Je enger die Röhrenleitung, um so grösser ist in Folge der Reibung Verlust an Pressung.

Theoretisch findet man den Reibungsverlust aus der Geschwindigkeit Windes, der Grösse der inneren Oberfläche der Röhren und dem spechen Gewichte der Luft [3]). Ist die Oberfläche, welche man durch Mulication des inneren Umfanges und der Länge der Röhrentour erhält, f, die mittlere Geschwindigkeit der Luft in Fussen pr. Secunde $= v_1$, as mittlere Gewicht eines Cubikfusses Luft in Pfunden, und a der lere Querschnitt der Röhrenleitung, so ist der Reibungsverlust

$$r' = \frac{f S v_1^2}{M a},$$

›i M als Reibungscoëfficient zu 10,000 angenommen werden kann.

---

[1]) Rittinger, Erfahrungen, S. 365. — [2]) Weisbach III, S. 1026. — ›rcy, S. 391.

Hieraus ergiebt sich die Totalpressung der Luft am Ende dei renleitung:

$$P_2 = P_1 - r' \text{ (vergl. S. 67)},$$

oder der Ueberdruck über den der Atmosphäre:

$$p'' = p - r'.$$

Die Röhrenleitungen bestehen aus genietetem Schmiedeisen od Gusseisen. Die einzelnen Stücke werden durch Flanschen oder I verbunden und gut gedichtet [1]). Man führt die Windleitung ent unterhalb der Hüttensohle oder in mehr als Manneshöhe über der zum Ofen. Das Anbringen derselben unter der Erde erspart zwar : ist aber nachtheilig hinsichtlich der Beaufsichtigung. Auf den H werken legt man meistens zu wenig Werth auf eine gute Control Röhren und ihrer Verbindungen, weil man weder an die Kosten welche jeder vergeblich erzeugte Cubikfuss Wind verursacht, noch a Nachtheil, den jeder zu wenig in den Ofen gelangende Cubikfuss für die Production hat [2]).

c. Winderhitzung.

Der Wind geht, bevor er in den Hochofen tritt, in den meiste len erst durch einen Erhitzungsapparat, in welchem er Wärme au Wandungen eiserner Röhren oder aus den feuerfesten Steinen von mern aufnimmt. Diese wärmeabgebenden Röhren oder Steine w ihrerseits gewöhnlich durch das Verbrennen der Gichtgase, seltener eine besondere Feuerung oder die Gase von Verkokungsöfen erhitzt Vortheil des erhitzten Windes (*hot-blast*) in Beziehung auf die I des erzeugten Eisens ist so anerkannt, dass man nur, wo man eine besondere Qualität Eisen erhalten will, noch kalten Wind (*cold*- anwendet.

Schon im Jahre 1799 hatte der Admiralitätsphysicus Seddle merksam gemacht, dass durch Erhitzung des Sauerstoffgases bei A dung des Löthrohrs ein bedeutend höherer Hitzegrad erreicht w könne, ohne dass man jedoch diesen Gegenstand mit Bezug au Technik weiter verfolgte [3]). 1822 machte Leuchs in seinem Hand für Fabrikanten [4]) den Vorschlag, die zu den Schmelzöfen verwendet bläseluft zu erwärmen; doch auch ihm wurde keine weitere Aufmer keit zu Theil [5]).

Im Jahre 1828 wurde James Beaumont Neilson, dem niker der Gasanstalt zu Glasgow, ein Patent ertheilt auf „die verb

---

[1]) Ueber Dichtungsmaterialien sehe man Kerl, Hüttenk. I, S. 654. — kosten z. B. in Gleiwitz (Oberschlesien) nach Mittheilungen des Herrn I meisters Wiebmer daselbst 1000 Cubikfuss Wind bis zu den Erhitzungsap] 1,094 Pfennige (siehe Capitel über die Kosten des Windes). — [3]) Nicho Journal of physic. sciences. Vol. 2. — [4]) Bd. 8, S. 388. — [5]) Scheerer, I, S. 476.

wendung von Luft, um Hitze in Feuern, Heerden und Oefen zu er-
gen, bei denen Bälge oder andere Gebläse erforderlich sind" [1]), dessen
halt bei der Wichtigkeit, welche seither dieser Gegenstand gewonnen
t, werth ist, hier ganz mitgetheilt zu werden:

„Der Wind oder Luftstrom muss durch Bälge oder andere Gebläse
f gewöhnliche Weise erzeugt werden, und darauf soll sich das Patent
cht beziehen. Der Windstrom wird von den Gebläsen in ein Reservoir
ir-vessel oder *receptacle*), welches hinreichend stark ist, um die Pres-
ung zu ertragen, und von dort mit Hülfe einer Röhre, Düse oder Oeff-
ung in das Feuer, den Heerd oder Ofen geleitet. Das Reservoir muss
is auf die Oeffnungen für Ein- und Auslass des Windes ganz oder doch
einahe luftdicht sein und wird während der Wirkung des Gebläses künst-
ch zu einer beträchtlichen Temperatur erhitzt. Es ist besser, dass
ie Temperatur beinahe oder ganz Rothgluth erreiche; indessen ist eine
o hohe Temperatur nicht absolut nothwendig für einen guten Effect.
Das Reservoir kann zweckmässig aus Eisen angefertigt werden, indessen
hängt nichts von der Art des Materials ab, man kann auch andere
Metalle oder sonstige Stoffe benutzen. Die Grösse des Reservoirs hängt
ab von der Menge des erforderlichen Windes und der Temperatur, welche
erreicht werden soll. Während für ein gewöhnliches Schmiedefeuer ein
Reservoir von 1200 Cubikzoll genügt, sind 10,000 Cubikzoll eine pas-
sende Grösse für einen Cupolofen gewöhnlichen Umfanges zur Eisen-
giesserei. Für Feuer, Heerde und Oefen grösserer Art, wie Hochöfen für
Eisenerzeugung, grosse Eisenschmelz-Cupolöfen müssen verhältnissmässig
grössere und zahlreichere Reservoirs angewendet werden. Die Form des
Reservoirs ist gleichgültig für die Wirksamkeit und kann sich nach loca-
len Umständen richten. Im Allgemeinen muss das Reservoir von einer
Feuerung erhitzt werden, welche unabhängig von der durch den Luft-
strom gespeisten Feuerung ist [2]); auch ist es im Allgemeinen besser, dass
das Reservoir mit seiner Feuerung in Mauerwerk eingeschlossen sei, durch
welches die Windleitungsröhren gehen. Uebrigens aber ist die Art der
Erhitzung des Reservoirs unwesentlich für den Effect, wenn nur die
richtige Temperatur erreicht wird."

Wahrscheinlich hatte der Patentinhaber wenigstens zuerst keine
richtige Idee von dem Werthe seiner Erfindung und dem grossen Ein-
flusse, den sie auf das Eisenhüttenwesen zu äussern bestimmt war. Die
besondere Erwähnung der Schmiedefeuer und Cupolöfen lässt darauf
schliessen, dass er seine Erfindung anwendbarer für die kleinen metallur-
gischen Operationen, als für die grossen Hochöfen hielt. Indessen wurden
die Vortheile des heissen Windes in Bezug auf Brennmaterialersparniss
so bald von den schottischen Eisenhüttenleuten erkannt, dass er schon

[1]) A. D. 1828. Nro. 5701, vom 3. März. — [2]) Ein noch heutigen Tages strei-
tiger Punkt. Gewöhnlich werden indessen die Gase, welche aus der Verbrennung
durch den erhitzten Luftstrom entstehen, zur Erhitzung des Windes benutzt.

1835 auf allen Hütten bis auf eine eingeführt und auch auf dieser der Apparat bereits im Bau begriffen war.

1832 gaben Neilson und Andere, mit denen er sich vereinigt den wohlbekannten Eisenhüttenbesitzern Baird auf Garthsherry di laubniss zur Einführung des Patentes gegen 1 Schilling per ton (1/ pr. Centner) producirten Roheisens. Aber später verweigerten diese H die Bezahlung, worauf Neilson gegen sie auf 20,000 Pfd. Strl. k deren eine Hälfte als Nutzen (*profits*), deren andere Hälfte als Sch ersatz (*other damages*) verlangt wurde. Als Grund der Nichtzahlung f man namentlich die ungenügende Beschreibung der Einrichtung an un Mangel derselben an Neuheit. In letzterer Beziehung berief man sich a Patent von Robert Stirling aus dem Jahre 1816. Der Process[1]) k Edinburgh 1843 zum Austrag und das Verhör dauerte vom 10. bi Mai. Der Erfolg war die Verurtheilung der Angeklagten zu 4367 I 16 sh. an Nutzen und 7000 Pf. St. an Entschädigung. Der Proces dadurch ein technisches Interesse gewonnen, dass zahlreiche Ansi von Praktikern für und gegen die Anwendung des heissen Wind Tage kamen. Gegen dieselbe war namentlich James Palmer Bud Ystalyfera-Eisenhütte in Süd-Wales, welcher erklärte: „Ich finde, der kalte Wind am ökonomischsten ist; er erzeugt mehr Eisen bei ger Aufwand an Lohn und Material.“ Dennoch hat Budd später den heissen Wind auf seinen Werken eingeführt. Die Angeklagte standen zu, dass sie in zehn Jahren 260,000. Pf. St. Reingewinn das bei heissem Winde erblasene Roheisen (*hot-blast iron*) gemacht h und in einem Jahre (1840) sogar 54,000 Pf. St. Man sollte hie wohl glauben, dass sie am wenigsten ihren Wohlthäter Neilson s Rechtes hätten berauben dürfen, aber das Sprichwort: Wer viel hat immer mehr haben, bewahrheitete sich auch hier. Der verstorben kannte Mushet war auch als Sachverständiger berufen worden un klärte, dass seiner Meinung nach die Erfindung des heissen Windes der wichtigsten Stützen für die Entwickelung des Nationalwohlst sei und mit Recht der Erfindung der mechanischen Baumwoll-S maschine von Arkwright an die Seite gestellt zu werden verd In der That hat die Anwendung des heissen Gebläsewindes die Pr tionskosten des Eisens ermässigt und muss insofern als eine der tigsten Verbesserungen im Hüttenwesen hervorgehoben werden; ab bleibt immer ein grosser Unterschied zwischen der Erfindung einer

[1]) Ein vollständiger Bericht dieses merkwürdigen Processes wurde in burgh gedruckt unter dem Titel: „Report on the Trial before the Lord Pre of the Court of Session and a Special Jury, of the issues in the conjoined a of Suspension and Interdict, and Count, Reckoning, Payment, and Damage the instance of James Beaumont Neilson, of Glasgow, Engineer, and others a William Baird and Company, on the Garthsherry Iron-Works, for infring of the Hot-Blast patent; commencing on 10th, and ending on 20th May Edinburgh: printed by Thomas Allan and Co., 265, High Street, 1843.“ 4to. p

hine als Resultat vielen Nachdenkens, wohlweislichen Abwägens aller erhältnisse, zweckmässiger Combination zahlreicher Theile, und der essen erstmaligen Anwendung eines Körpers in einem besonderen Zustande. Die letztere ist mehr das Ergebniss eines genialen Gedankens, is eine Erfindung zu nennen. Die bereits angeführte Ansicht des Hütbesitzers Budd war eine sehr allgemein verbreitete. „Sie war,“ führt arten [1]) an, „das Resultat lange fortgesetzter Beobachtungen, welche igten, dass die Production eines Hochofens immer im Winter gegen den ommer zunahm; die Temperaturdifferenz lag als Grund am nächsten nd wurde ohne weitere Untersuchung als alleinige Ursache jener Proctionsunterschiede angesehen. Spätere Forschungen haben bewiesen, ass der blosse Temperaturwechsel der Atmosphäre vom Frost zur Somerwärme keinen Einfluss oder nur einen umgekehrten auf jenes Resultat ausübte, sondern dass die wahre auch bei stark erhitztem Winde noch irksame Ursache in der Feuchtigkeit gesucht werden muss, welche als sichtbarer Dampf bei warmem Wetter reichlicher in der Luft enthalten t, als bei kaltem. Indessen war jenes Vorurtheil so tief gewurzelt, dass ie grössten Anstrengungen gemacht wurden, im Sommer einen möglichst alten Gebläsestrom zu erhalten; ja man liess ihn zu diesem Zwecke über altes Wasser streichen und erreichte dadurch nicht nur nicht den vorgesetzten Zweck, sondern das gerade Gegentheil.“

Rücksichtlich des durch den Temperaturwechsel der atmosphärischen uft herbeigeführten Einflusses auf den Gang des Ofens kommt doch och ein Punkt in Betracht, welchen Marten übersehen zu haben scheint, ämlich dass bei warmer Luft die Gebläsemaschine bei gleich schnellem ange ein geringeres Gewicht, also weniger Sauerstoff aufsaugt und in olge dessen auch die Production im Ofen sinken muss. Beachteten dies ie Hüttenleute nicht, und sorgten sie nicht dafür, dass die Maschine m Sommer schneller ging, so kann leicht hierin der wesentlichste Grund ner Erscheinung gelegen haben.

influss der Temperaturschwankungen in der Atmosphäre und des Wasserdampfes.

Obwohl heutigen Tages Niemand mehr am Einflusse des heissen indes in Bezug auf Brennmaterialersparniss und Productionsvermehng im Hochofen zweifelt, so wird es doch nöthig sein, alle Momente uwägen, um die richtigen Gründe dieser Thatsachen zu finden. Wir nden uns daher zuerst zu der näheren Erörterung des scheinbar widerigen Einflusses der gewöhnlichen Temperaturschwankungen in der mosphäre.

---

[1]) On the Construction of Hot-Blast Ovens for Iron Furnaces. By Mr. Henry rten, of Wolverhampton. Proceedings of the Institution of Mechanical Engi. May 4th., 1859, p. 62.

Bei dieser Gelegenheit wird es von Interesse sein, den Wasserg
der Luft näher kennen zu lernen. Im Durchschnitt hat die Luf
Volumprocente Wasserdampf, aber der Wassergehalt variirt sehr
Jahreszeit, Tageszeit, geographischer Lage und Höhe. Der absolute
sergehalt nimmt in unseren Gegenden vom Januar, wo er ein Min
ist, bis zum Juli zu, wo er das Maximum erreicht, und dann wied
wie sich aus folgender für Halle aufgestellten Tabelle [1]) ergiebt.

Monat.	Spannkraft des Wasserdampfes in Millimetern.
Januar	4,509
Februar	4,749
März	5,107
April	6,247
Mai	7,836
Juni	10,843
Juli	11,626
August	10,701
September	9,560
October	7,868
November	5,644
December	5,599

Ein ähnliches Verhältniss zeigt sich an den einzelnen Tagesstu
Zwischen 1 bis 2 Uhr Nachts ist die Tension (also auch die ab
Menge) des Wasserdampfes am kleinsten, sie wächst bis Mittag un
reicht um 2 Uhr ihr Maximum, um dann wieder abzunehmen.

Ferner ist in heissen Klimaten die absolute Menge des Wasserda
grösser und ebenso an Küstenorten, welche den herrschenden Seew
ausgesetzt sind. Ist die Luft mit Wasserdampf gesättigt, so entl
1 Cubikmeter Luft bei

— 20° C.	1,5	Gramm Wasserdampf
— 15° C.	2,1	„ „
— 10° C.	2,9	„ „
— 5° C.	4,0	„ „
± 0° C.	5,4	„ „
+ 1° C.	5,7	„ „
+ 2° C.	6,1	„ „
+ 3° C.	6,5	„ „
+ 4° C.	6,9	„ „
+ 5° C.	7,3	„ „

[1]) Müller, kosmische Physik, 1856. S. 403. — [2]) Loc. cit.

+ 6° C.	7,7	Gramm Wasserdampf
+ 7° C.	8,2	" "
+ 8° C.	8,7	" "
+ 9° C.	9,2	" "
+ 10° C.	9,7	" "
+ 11° C.	10,3	" "
+ 12° C.	10,9	" "
+ 13° C.	11,6	" "
+ 14° C.	12,2	" "
+ 15° C.	13,0	" "
+ 16° C.	13,7	" "
+ 17° C.	14,5	" "
+ 18° C.	15,3	" "
+ 19° C.	16,2	" "
+ 20° C.	17,1	" "
+ 21° C.	18,1	" "
+ 22° C.	19,1	" "
+ 23° C.	20,2	" "
+ 24° C.	21,3	" "
+ 25° C.	22,5	" "
+ 26° C.	23,8	" "
+ 27° C.	25,1	" "
+ 28° C.	26,4	" "
+ 29° C.	27,9	" "
+ 30° C.	29,4	" "

Da nun von der für die mittlere Lufttemperatur möglichen absolu- Feuchtigkeitsmenge die Luft enthält im

Januar	85,0	Procent
Februar	79,9	"
März	76,4	"
April	71,4	"
Mai	69,1	"
Juni	69,7	"
Juli	66,5	"
August	61,0	"
September	72,8	"
October	78,9	"
November	85,3	"
December	86,2	"

isst sich aus diesen beiden Tabellen leicht die durchschnittliche Ge- tsmenge Wasserdampf ermitteln, welche dem Ofen zugeführt wird. kann z. B. im Februar bei 5° Kälte auf $\frac{4 \cdot 79,9}{100} = 3,2$ Gramm serdampf im Cubikmeter Luft rechnen.

Zur Ermittelung des jedesmaligen Feuchtigkeitsgehaltes der Luft ent man sich des für die Praxis hinreichend genauen August'schen chrometers, Fig. 64 (a. f. S.). Es besteht aus zwei an einem Ge- e befestigten Thermometern; die Kugel des einen ist mit einem wandläppchen umgeben, welches in ein untergestelltes Gefäss mit

Wasser herabhängt, so dass diese Thermometerkugel stets befeuchtet In Folge der Verdunstung des Wassers sinkt das umwickelte Th meter und zwar um so mehr, je wenig Atmosphäre mit Wasser gesättigt ist weiter daher die Luft vom Sättigungsp entfernt ist, um so grösser wird die renz im Stande beider Thermometer we Bezeichnet man die Temperaturdifferen d, so kann man das von einem Cubik der an der nassen Kugel vorbeistreiche Luft aufgenommene Quantum Wasserd da dasselbe zu dieser Temperaturdiff in einem bestimmten Verhältnisse steht, cd ausdrücken. Der Factor c ist Versuche $= 0,65$ gefunden worden. zeichnet man ferner mit M das Maxi des Wasserdampfes, welchen ein Cubik Luft bei der Temperatur des nassen mometers enthalten kann, so ist die gleich der ursprünglichen Feuchtigkeitsn der Luft X und der aufgenommenen F tigkeit cd, also $M = X + cd$ oder X = — cd. Da M, d. h. das Maximum Wasserdampf, welches die Luft bei Temperaturgrade aufnehmen kann, gleic durch Versuche bekannt ist, so ergieb auch X. Man hat Tabellen angefertigt, auf welchen man nach M gabe der am Psychrometer beobachteten Temperaturdifferenz ohne teres die Gewichtsmenge des Wasserdampfes in der Luft ablesen [1] So erfährt man aus der auf folgender Seite befindlichen Tabelle, wi Gramm Wasserdampf in einem Cubikmeter Luft enthalten sind, man die am trockenen Thermometer beobachtete Lufttemperatur a linken Seite, die Differenz beider Thermometer aber am Kopfe de belle abliest und die entsprechende Horizontal- und Verticalcolumn zu ihrem Kreuzungspunkte verfolgt.

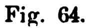


Fig. 64.



Psychrometer. $^1/_4$ nat. Grösse.

Z. B. bei 15° des trocknen, 12° des befeuchteten Thermometers bei 3° Differenz sind in 1 Cubikmeter Luft 9 Gramm Wasserdamp halten.

Nun erhält ein grosser Koksofen im Durchschnitt pr. Minute Cubikfuss, im Maximum 9000 Cubikfuss Wind von atmosphäri Dichtigkeit, d. h. circa 180 resp. 280 Cubikmeter.

Bei der mittleren Wärme von 7° enthält 1 Cubikmeter gesätt Luft 8,2 Gramm Wasserdampf, mit Rücksicht auf die mittlere Sätti

---

[1]) Loco cit. S. 396.

Temperatur der Luft in Graden nach Celsius.	Differenz des trockenen u. befeuchteten Thermometers												
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
— 20	1,5	0,8	0,1										
— 19	1,6	0,9	0,2										
— 18	1,8	1,0	0,3										
— 17	1,9	1,1	0,4										
— 16	2,0	1,2	0,5										
— 15	2,1	1,4	0,6										
— 14	2,3	1,5	0,8										
— 13	2,4	1,6	0,9	0,1									
— 12	2,6	1,8	1,0	0,3									
— 11	2,7	2,0	1,2	0,4									
— 10	2,9	2,1	1,3	0,6									
— 9	3,1	2,3	1,5	0,7									
— 8	3,3	2,5	1,7	0,9	0,1								
— 7	3,5	2,7	1,9	1,1	0,3								
— 6	3,7	2,9	2,1	1,3	0,5								
— 5	4,0	3,1	2,3	1,5	0,7								
— 4	4,2	3,4	2,5	1,7	0,9	0,1							
— 3	4,5	3,6	2,8	1,9	1,1	0,3							
— 2	4,8	3,9	3,0	2,2	1,4	0,5							
— 1	5,1	4,2	3,3	2,4	1,6	0,8							
— 0	5,4	4,5	3,6	2,7	1,9	1,0	0,2						
+ 1	5,7	4,7	3,8	2,9	2,1	1,2	0,4						
+ 2	6,1	5,1	4,1	3,2	2,3	1,4	0,5						
+ 3	6,5	5,4	4,4	3,4	2,5	1,6	0,7						
+ 4	6,9	5,8	4,8	3,7	2,7	1,8	1,0						
+ 5	7,3	6,2	5,1	4,1	3,1	2,1	1,2	0,3					
+ 6	7,7	6,6	5,5	4,5	3,4	2,4	1,4	0,5					
+ 7	8,2	7,0	5,9	4,9	3,8	2,8	1,8	0,8					
+ 8	8,7	7,5	6,4	5,3	4,2	3,2	2,1	1,1	0,2				
+ 9	9,2	8,0	6,9	5,7	4,6	3,6	2,5	1,5	0,5				
+ 10	9,7	8,5	7,3	6,2	5,1	4,0	2,9	1,9	0,9				
+ 11	10,3	9,1	7,9	6,7	5,6	4,4	3,3	2,3	1,2	0,2			
+ 12	10,9	9,7	8,4	7,2	6,0	4,9	3,8	2,7	1,7	0,6			
+ 13	11,6	10,3	9,0	7,8	6,6	5,4	4,3	3,1	2,1	1,0			
+ 14	12,2	10,9	9,6	8,3	7,1	5,9	4,8	3,6	2,5	1,4	0,4		
+ 15	13,0	11,6	10,3	9,0	7,7	6,5	5,3	4,1	3,0	1,9	0,8		
+ 16	13,7	12,3	10,9	9,6	8,3	7,0	5,8	4,6	3,5	2,4	1,3	0,2	
+ 17	14,5	13,1	11,6	10,3	9,0	7,7	6,4	5,2	4,0	2,9	1,7	0,7	
+ 18	15,3	13,8	12,4	11,0	9,6	8,3	7,0	5,8	4,6	3,4	2,2	1,1	
+ 19	16,2	14,7	13,2	11,7	10,3	9,0	7,7	6,4	5,1	3,9	2,8	1,6	
+ 20	17,1	15,5	14,0	12,5	11,1	9,7	8,3	7,0	5,8	4,5	3,3	2,2	
+ 21	18,1	16,5	14,9	13,4	11,9	10,5	9,1	7,7	6,4	5,1	3,9	2,7	
+ 22	19,1	17,4	15,8	14,2	12,7	11,2	9,8	8,4	7,1	5,8	4,5	3,3	
+ 23	20,2	18,5	16,8	15,2	13,6	12,1	10,6	9,2	7,8	6,4	5,2	3,9	2,5
+ 24	21,3	19,5	17,8	16,1	14,5	12,9	11,4	10,0	8,5	7,2	5,8	4,5	3,1
+ 25	22,5	20,6	18,9	17,1	15,5	13,8	12,3	10,8	9,3	7,9	6,5	5,2	3,9
+ 26	23,8	21,8	20,0	18,2	16,5	14,8	13,2	11,6	10,1	8,7	7,3	5,9	4,6
+ 27	25,1	23,1	21,2	19,3	17,5	15,8	14,2	12,6	11,0	9,5	8,1	6,7	5,3
+ 28	26,4	24,4	22,4	20,5	18,7	16,9	15,2	13,5	11,9	10,4	8,9	7,5	6,1
+ 29	27,9	25,8	23,7	21,7	19,8	18,0	16,3	14,6	12,9	11,3	9,8	8,3	6,8
+ 30	29,4	27,2	25,1	23,0	21,1	19,2	17,4	15,6	13,9	12,3	10,7	9,1	7,7
+ 31	31,0	28,7	26,5	24,4	22,4	20,4	18,5	16,7	15,0	13,3	11,6	10,1	8,5
+ 32	32,6	30,3	28,0	25,8	23,8	21,7	19,8	17,9	16,1	14,3	12,7	11,0	9,4
+ 33	34,4	31,9	29,6	27,3	25,2	23,1	21,1	19,1	17,3	15,4	13,7	12,0	10,4
+ 34	36,2	33,7	31,2	28,9	26,7	24,5	22,4	20,4	18,5	16,6	14,8	13,1	11,4
+ 35	38,1	35,5	33,0	30,6	28,2	26,0	23,8	21,8	19,8	17,8	16,0	14,2	12,5

von 75,2 Proc. 6,2 Grm., d. h. 180 Cubikmeter enthalten 1116 Grm Als Maximum kann man 280 Cubikmeter 23° warmer, gesättigter Luft annehmen, welche mithin 280 × 20 Gramm = 5600 Gramm Wasserdampf enthalten. Dieser Gehalt ist scheinbar sehr bedeutend, hat aber nur geringen Einfluss auf die Temperatur im Ofen, denn das Wasser mit denjenigen Ausnahmen, wo es mit der Luft in condensirtem Zustande als Regen oder Nebel in das Gebläse gelangt und wo zugleich der Wind nicht erhitzt wird, kommt in Form von Dampf in den Ofen, bedarf also nicht erst der zur Verwandlung des flüssigen in den gasförmigen Zustand nöthigen Wärmemenge. Von den Bestandtheilen der Luft ist allein der Sauerstoff bei der Verbrennung wirksam. Die atmosphärische Luft enthält 23 Gewichtstheile Sauerstoff und 77 Gewichtstheile Stickstoff, 1 Cubikmeter derselben wiegt bei 0° C. circa 1300 Gramm [1]), enthält also 1000 Gramm Stickstoff, welche auf die Verbrennungstemperatur erhitzt werden müssen, ohne wirksam zu sein. Bei 23° C. wiegt 1 Cubikmeter Luft = 1190 Gramm, enthält dann immer noch 916 Gramm Stickstoff und ungünstigen Falls nur 20 Gramm Wasserdampf, welcher, falls keine Zersetzung desselben stattfände, ebenso wie der Stickstoff mit zur Verbrennungstemperatur erhitzt werden müsste, ohne wirksam zu sein. Da aber eine Zersetzung des Wasserdampfes eintritt und der Sauerstoff selbst zur Verbrennung beiträgt, so ist sein nachtheiliger Einfluss auch geringer. Es soll nun untersucht werden, welchen Einfluss die Beimengung des Wasserdampfes auf die Temperatur im Hochofen ausüben kann. Zum Vergleiche wird es zweckmässig sein, auf möglichst einfache Verhältnisse zurückzugehen und zuerst anzunehmen, dass man als Brennmaterial einen reinen Kohlenstoff anwende und der Wasserdampf nicht zersetzt werde.

Der pyrometrische Wärmeeffect, d. h. die Temperatur, welche ein Brennmaterial entwickeln kann, lässt sich berechnen, wenn man den absoluten Heizeffect des Brennmaterials, d. h. die Wärmemenge, welche eine Gewichtseinheit desselben liefert, dividirt durch das Product aus dem Gewicht der erzeugten Verbrennungsproducte und deren specifischer Wärme [2]) Wenn nun in trockener atmosphärischer Luft c Gewichtseinheiten Kohlenstoff verbrannt werden, und es verbrennt der Kohlenstoff zu Kohlensäure, so werden auf jeden Gewichtstheil Kohlenstoff $= c$, an atmosphärischem Sauerstoff $2{,}67\,c$ Gewichtstheile verbraucht und es bilden sich $c + 2{,}67\,c = 3{,}67\,c$ Gewichtstheile Kohlensäure. Zu den $2{,}67\,c$ Gewichtstheilen Sauerstoff gehören in der atmosphärischen Luft $n = \frac{2{,}67 \cdot 77}{23} = 8{,}9$ Gewichtstheile Stickstoff. Die Verbrennungsproducte sind daher $3{,}67\,c + 8{,}9\,c$. Bezeichnet man mit p den absoluten Wärmeeffect des Kohlenstoffs, ausgedrückt in Wärmeeinheiten [3]) $= 8080$, mit c das Ge-

[1]) Nach Regnault wiegt 1 Cubikmeter trockner und kohlensäurefreier Luft 1,2932 Kilogramm. — [2]) Man vergleiche die Lehre von den Brennmaterialien im ersten Bande der Metallurgie. — [3]) D. h. Gewichtseinheiten Wasser, welche um 1° C. durch eine Gewichtseinheit Kohlenstoff erwärmt werden.

wicht des Kohlenstoffs in Grammen, mit k das Gewicht der erzeugten Kohlensäure, mit n den Stickstoff der verwendeten Luft, ferner mit s die specifische Wärme der Kohlensäure, mit s' die des Stickstoffs, so ist die Temperatur

$$T = \frac{p\,c}{k\,s + n\,s'}.$$

Setzt man die angegebenen Werthe ein, so findet man

$$T = \frac{8080\,c}{3{,}67\,c\,s + 8{,}9\,s'}.$$

Nun ist $s = 0{,}22$, $s' = 0{,}24$. Setzt man ferner $c = 1$, so ergiebt sich

$$T = \frac{8080}{3{,}67\,.\,0{,}22 + 8{,}9\,.\,0{,}24} = 2745^0\ \mathrm{C}.$$

Enthält die Luft Feuchtigkeit in Dampfform, so tritt diese zu den Verbrennungsproducten in derselben Weise wie der Stickstoff hinzu. Bezeichnet man die Menge des Wasserdampfes mit w und dessen specifische Wärme mit s'', so wird aus der vorhergehenden Formel:

$$T' = \frac{p\,c}{k\,s + n\,s' + w\,s''}.$$

Die specifische Wärme des Wasserdampfes ist $= 0{,}47$. Setzt man nun den Maximalfeuchtigkeitsgehalt der Luft mit 1,5 Proc. Wasserdampf ein, nimmt daher die Zusammensetzung der Atmosphäre aus 22,7 Gewichtstheilen Sauerstoff, 75,8 Stickstoff und 1,5 Wasserdampf an, und setzt wiederum $c = 1$, so wird, da auf die zur Verbrennung verbrauchten 2,67 Gewichtstheile Sauerstoff 0,18 Gewichtstheile Wasserdampf kommen,

$$T' = \frac{8080}{3{,}67\,.\,0{,}22 + 8{,}9\,.\,0{,}24 + 0{,}18\,.\,0{,}47} = 2668^0\ \mathrm{C}.$$

Die Temperaturdifferenz, welche durch die Anwendung trockener und nasser Luft erzeugt wird, ist daher $2745 - 2668 = 77^0$ C.

Man sieht leicht, dass in der Formel $T' = \frac{p\,c}{k\,s + n\,s' + w\,s''}$ nur w variabel ist.

Nun ist ohne grossen Fehler bei der geringen procentalen Menge des Wasserdampfes im Vergleich zum Stickstoff und Sauerstoff

$$w = \frac{2{,}67}{23}\,P = 0{,}116\,P$$

zu setzen, wenn P den Procentgehalt des Wassers in der Luft bezeichnet. P ist aber aus den Zahlen der Tabelle Seite 78 und 79 durch Division mit 13 zu finden, denn 1 Cubikmeter Luft wiegt circa 1300 Gramm. Nennen wir die Zahlen der Tabelle, welche das Gewicht des Wasserdampfes in 1 Cubikmeter Luft bei vollkommener Sättigung angeben, d, so ist

$$w = 0{,}116\,P = \frac{0{,}116\,d}{13} = 0{,}009\,d,$$

also der Temperaturgrad, um den sich die Wärme erniedrigt,

$$T'' = 2745 - \frac{8080}{3{,}67 \,.\, 0{,}22 + 8{,}9 \,.\, 0{,}24 + 0{,}009 \,.\, 0{,}47\, d}$$

$$= 2745 - \frac{8080}{2{,}94 + 0{,}00423\, d}.$$

Bei 23° Wärme und mit Wasserdampf gesättigter Luft ist nach obigen Tabellen z. B. $d = 20{,}2$, daher das Maximum der bei jeder Lufttemperatur gegen die Anwendung 0gradiger trockener Luft möglichen Temperaturverminderung im Ofen

$$T'' = 2745 - \frac{8080}{2{,}94 + 0{,}009 \,.\, 0{,}47 \,.\, 20{,}2} = 2745 - 2668 = 77^0,$$

wie oben bereits gefunden, wogegen die Differenz zwischen der mittleren Sättigungsstufe bei 7°, wo $d = 6{,}2$ Gramm wird (vergl. Seite 78) und dem Maximum in unseren Gegenden nur

$$2745 - 2724 = 21^0 \text{ C.}$$

beträgt, natürlich vorausgesetzt, dass die gleiche Menge Luft in beiden Fällen eingeblasen wird.

Vergleicht man diesen Effect mit dem bei dem gleichen Gange des Gebläses durch die verschiedenen Lufttemperaturen hervorgebrachten, so ergiebt sich Folgendes:

Der Ausdehnungscoefficient der Luft zwischen 0 und 100° C. ist bei constantem Druck = 0,3665, d. h. sie dehnt sich beim Erwärmen um 1° C. um 0,003665 ihres Volumens aus [1]).

Wenn bei der mittleren Temperatur von 7° 180 Cubikmeter Luft von dem Gebläse eingesogen und (von allen Verlusten abgesehen) an den Ofen abgegeben werden, so dehnen sich dieselben bei einer Temperatur von 23° zu (23 — 7) . 0,003665 . 180 + 180 = 190,54 Cubikmeter aus, welche eben so viel Sauerstoff enthalten als jene 180 Cubikmeter. Da aber bei gleichem Gange des Gebläses auch wieder nur 180 Cubikmeter eingesogen werden, so gelangt im Verhältniss von 180 : 190,54 weniger Sauerstoff in den Ofen. 1 Cubikmeter Luft enthält bei 7° 289 Gramm Sauerstoff, 180 also 52,020 Gramm, während die 180 Cubikmeter bei 23° nur 49,142 Gramm Sauerstoff enthalten. Die Differenz zwischen dem Sauerstoffgehalt bei Mittel- und Maximaltemperatur beträgt also 2878 Gramm. Diese entsprechen einem Verbrand von $\frac{2878}{2{,}67} = 1078$ Gramm Kohlenstoff. Im ersten Falle nämlich genügt die Luft zur vollständigen Verbrennung von 19483, in anderen von 18405 Gramm Kohlenstoff zu Kohlensäure.

Setzen wir die erste Menge Kohlenstoff als Einheit, welche die oben berechnete Temperatur $T = 2745^0$ liefert, so erhalten wir für die Kohlenstoffmenge im zweiten Falle

[1]) Ueber die Aenderungen, welche das Gesetz bei höherem Druck erleidet, vergl. S. 88.

$$c = \frac{18405}{19483} = 0{,}945$$

nter der Annahme, dass die Temperaturen im umgekehrten Verhältnisse u den Verbrennungszeiten stehen [1]),

$$T'''' = 2745 . 0{,}945 = 2594^0,$$

lso die Differenz 151°.

Unter gleichen Verhältnissen war die Temperaturdifferenz in Folge ler Feuchtigkeit zu 21° C. gefunden worden. Es verhält sich also die Wirkung der beiden Ursachen im vorliegenden Falle wie 151 : 21 = 7,2 : 1.

Es sind beide Wirkungen unabhängig von einander betrachtet worlen. Man darf indessen nicht ausser Acht lassen, dass gewöhnlich beide ich vereinigen, denn wenn man z. B. das Gebläse stets gleich schnell gehen lässt, so hat man im Sommer sowohl den Nachtheil einer geringeren Menge Sauerstoff in demselben Windquantum, als auch den eines absolut grösseren Wassergehaltes.

Praktische Mittheilungen über den Wassergehalt, welcher durch die Feuchtigkeit der Luft einem Ofen zugeführt wird, sind [2]) bezüglich der Hochöfen zu Königshütte durch Stentz, jetzt Director des königlichen Hüttenwerkes zu Gleiwitz, gegründet auf Beobachtungen von Eck in Königshütte und Professor Weiss in Krakau, gegeben worden. Hiernach wurden einem Hochofen, welcher stündlich 150,000 Cubikfuss Wind erhielt, pro Stunde 1,35 Cubikfuss Wasser im Durchschnitt eines Jahres zugeführt, ein Quantum, welches sich durch die Einwirkung der Wasserregulatoren auf 1,65, ja sogar 2,6 Cubikfuss vermehrte. Er fand folgende Verhältnisszahlen für die absolute Feuchtigkeit in den verschiedenen Monaten:

Januar, December, Februar . . .	=	5 :	5 :	6
November, März, April	=	6 :	7 :	8
October, Mai, Juni	=	8 :	10 :	11
September, August, Juli	=	11 :	12 :	13.

Da in diesem Aufsatze offenbar der Wassergehalt als Wasser in flüsiger Form angenommen ist, so würde man bei einer Berechnung der urch diesen Wassergehalt bewirkten Temperaturerniedrigung zu hohe esultate erhalten; denn man müsste die latente Wärme des Wasserampfes in Anschlag bringen.

Wenn 150,000 Cubikfuss Wind 1,35 Cubikfuss Wasser enthielten, beträgt das für 1 Cubikmeter = 9 Gramm oder nach Aufnahme des assers aus dem Regulator 10, bez. 17 Gramm Wassergehalt. Dieser halt bleibt also stets unter dem bei den obigen Berechnungen zu unde gelegten Maximum und bestätigt die Annahme, dass die durch n Feuchtigkeitsgehalt der Luft bewirkte Temperaturerniedrigung nie-

[1]) Ein Satz, der zwar nicht so unbedingt, aber für den vorliegenden Vergleich reichende Gültigkeit hat, vergl. Bd. I. — [2]) Berg- u. Hüttenm. Zeitung von rtmann. 1849. S. 497.

mals einen bedeutenden Grad erreicht, auch selbst dann nicht, wenn durch einen Wasserregulator hinreichend Gelegenheit zur Sättigung der Luft mit Wasserdampf gegeben ist.

Wenn Stentz nun behauptet, dass diese Wassermenge, künstlich in den Ofen gebracht, bald ein vollständiges Zublasen der Formen herbeiführen würde, so ist nicht abzusehen, welcher Unterschied in einer künstlichen und natürlichen Zuführung liegen soll. Ein Unterschied würde sich nur dann bemerkbar machen können, wenn man das Wasser in dem ersten Fall in einem anderen Aggregatzustande als in dem zweiten, also flüssig und nicht in Dampfform zuführte.

Auch Truran [1]) führt zwar die beiden Gründe für die Productionsverminderung der Hochöfen im Sommer an, sucht indessen den wesentlichsten in der Feuchtigkeit. Er findet als Mittel der Productionszunahme im Winter gegen den Sommer 4 bis 5 Proc., macht aber auch sehr richtig auf die Menge Wassers und zwar im flüssigen Zustande aufmerksam, welche durch die von Regen benetzten festen Materialien von der Gicht aus in den Ofen gelangt. Die Luft enthält nach Truran im Durchschnitt 1,42 Proc. Feuchtigkeit, in England dagegen zu gewissen Zeiten mehr als das Doppelte, bis $3^1/_3$ Proc. [2]). Nimmt man den wöchentlichen Verbrauch an Gebläseluft zu 3000 tons oder 60000 Centner an, so kommen bei sehr feuchter Witterung durch den Wind 100 tons oder 2000 Centner, durch die Schmelzmaterialien 68 tons oder 1360 Centner, zusammen also über 3300 Centner Wasser in den Ofen, und Truran glaubt, dass als Durchschnitt für gewöhnliche Verhältnisse die auf beide Weisen in den Ofen gelangende Wassermenge gleich der des producirten Roheisens ist. Man ersieht auch aus diesen, übrigens in Beziehung auf die Feuchtigkeit der Luft zu hoch gegriffenen Angaben, dass sehr viele Einflüsse auf eine Aenderung in dem Productionsquantum eines Hochofens einwirken, welche unabhängig von dem durch die jährlichen Temperaturschwankungen bedingten Feuchtigkeitsgehalt der Luft sind.

Man hat indessen geglaubt, dass bei Anwendung heissen Windes nicht nur diese Nachtheile aufgewogen, sondern sogar erhebliche Vortheile selbst bei grösseren Mengen Wasserdampf erzielt werden könnten.

Einige praktische Versuche über den Einfluss des Wasserdampfes sind von Merbach in seinen „Erläuterungen der vorzüglichsten Apparate zur Erwärmung der Gebläseluft" mitgetheilt worden [3]). Hiernach erzeugten Holzkohlen mit kalter Luft im Durchschnitt 6102° Wärme, dieselben mit warmer Luft 6107°, dieselben mit warmer Luft und Wasserdämpfen 5837°. Merbach [4]) bemerkt hierzu, dass „die Resultate der

[1]) The Iron manufacture of Great Britain, theoretically and practically considered, by W. Truran. 2nd. ed. revised by J. Arthur Phillips and William H. Dorman. London 1862. Deutsch bearbeitet von Dr. C. Hartmann. Weimar 1864. — [2]) Eine wie aus den mitgetheilten Tabellen ersichtlich unbegründete Ansicht. — [3]) Freiberg 1840. 1ste Beilage. S. 86 u. f. — [4]) Zahlen, deren absolute, auf der Hand liegende Unrichtigkeit den relativen Werth nicht beeinträchtigt.

inzelnen Versuche mit Wasserdämpfen sehr unter einander abweichen, ndem sie von 5304 bis 6627° schwanken und zu der Folgerung Veranassung geben, dass wenige, der heissen Gebläseluft beigemengte Wasserdämpfe für die Wärmeerzeugung vortheilhaft, viele dagegen nachtheilig eien." Es lässt sich indessen richtiger folgern, dass die geringen Differenzen in den Versuchen selber begründet sind und dass, was auch die ben ausgeführten Rechnungen zeigen, die Einführung geringer Mengen Wasserdampf eben keinen grossen Nachtheil hat.

Zersetzung des Wasserdampfes. Es ist im Vorhergehenden ganz on der Zersetzung des Wasserdampfes abgesehen worden. Dieser schrieb nan indessen die angeblichen Vortheile zu. Eine Zersetzung des Wassers nit der Wirkung anzunehmen, dass durch Eingehung neuer Verbindungen, etwa des Kohlenstoffs mit dem Wasserstoff und deren Verbrennung öhere Erfolge erzielt werden könnten, ist als eine unbegründete Ansicht on der Chemie zurückgewiesen. Wasser wird allerdings durch glühende Kohlen zersetzt, aber nicht unter Bildung von Kohlenwasserstoff, sondern on reinem Wasserstoff. Dieser Wasserstoff gelangt im Hochofen nicht wieder zur Verbrennung, sondern steigt als solcher auf, da er sich in einer educirenden Atmosphäre befindet. Aber selbst vorausgesetzt, der Wasserstoff fände in den unteren Theilen des Ofens Gelegenheit zur Verbrennung, so darf man doch mit Recht annehmen, dass die durch Wiederverbrennung oder Oxydation des aus der Wasserzersetzung hervorgangenen Wasserstoffs erzeugte Wärmemenge nicht grösser ist, als die zur Zersetzung oder Reduction des Wassers bereits verbrauchte Wärme [1]).

Es wird daher durch die Einführung des Wasserdampfes ausser den Seite 83 erörterten Wärmeverlusten, welche darin begründet sind, dass die Dämpfe oder vielmehr Bestandtheile des Wassers zu den Verbrennungsproducten wärmeabsorbirend hinzutreten, auch noch die Wärme verloren, welche zur Reduction nöthig ist [2]). Allerdings wird ein Theil der verlorenen Wärme wieder durch diejenige Wärme ersetzt, welche durch die Verbindung des aus der Zersetzung des Wassers hervorgegangenen Sauerstoffs mit der entsprechenden Menge Kohlenstoff zu Kohlenoxyd erzeugt wird. Es lässt sich dies Verhältniss folgendermaassen darstellen:

---

[1]) Vergl. Annalen der Physik und Chemie von Poggendorf. 1867. Nr. 6. Ueber die mechanische Energie der chemischen Verbindungen von H. W. Schröder van der Kolk S. 277. — [2]) Diese Reductionswärme kann zu 6823° (Bd. I, S. 64) angenommen werden. Würden daher in derselben Zeit, in welcher 1 Gewichtstheil Kohlenstoff mit der Erzeugung von 2745° C. durch atmosphärische Luft verbrennt, 0,4 Gewichtstheile Wasser in den Ofen geführt, so würde die Temperaturerhöhung durch die Temperaturerniedrigung ausgeglichen, eine Verbrennung unmöglich und der Ofen ausgelöscht werden, wenn nicht durch die Verbrennung des Kohlenstoffs, d. h. die Verbindung mit dem freigewordenen Wasserstoff des Wasserdampfes eine gewisse Menge Wärme zugeführt würde.

Verlust: 9 Gewichtstheile Wasser verlangen zu ihrer Zerlegung in 1 Gewichtstheil Wasserstoff und 8 Gewichtstheile Sauerstoff = 34,462 Wärmeeinheiten [1])

Gewinn: 6 Gewichtstheile Kohlenstoff entwickeln bei der Verbrennung mit 8 Gewichtstheilen Sauerstoff zu 14 Gewichtstheilen Kohlenoxyd = 14,838 Wärmeeinheiten [2])

folglich gehen verloren 19,624 Wärmeeinheiten.

Dies Verhältniss würde bei der Anwendung reinen Wasserdampfes eintreten. Je mehr Luft zugleich zugeführt wird, um so mehr vermindert sich selbstverständlich der absolute Verlust an Wärme.

Temperaturerhöhung der Gebläseluft durch die Pressung.

Ebenso wie sich die Luft bei der Steigerung ihrer Temperatur mit je 1^0C. um $\frac{1}{273} = 0{,}00367$ [3]) ihres Volumens ausdehnt, d. h. zu $1 + 0{,}00367$ Volumen wird, ebenso steigt umgekehrt bei einer Zusammenpressung der Luft um $\frac{1}{273}$ die Temperatur derselben um 1^0 C., bei der Zusammenpressung auf $\frac{t}{273}$ auf t^0 C. Da nun nach dem Mariotte'schen Gesetze das Volumen der Gase sich umgekehrt wie der Druck, dem sie ausgesetzt sind, verhält, so muss die Temperatur auch mit der Volumenverminderung zunehmen.

Wird eine Luftmasse vom anfänglichen Volumen V und von der Temperatur t auf das Volumen V_1 verringert, so erhält das Volumen V_1 die Temperatur t_1 und es verhält sich

$$\frac{V}{V_1} = \frac{1 + 0{,}00367\,t_1}{1 + 0{,}00367\,t}.$$

Dagegen verhält sich die Spannung der Luft p, welche dem Volumen V entspricht, zur Spannung p_1, welche dem Volumen V_1 entspricht, also

$$\frac{p}{p_1} = \frac{1 + 0{,}00367\,t}{1 + 0{,}00367\,t_1}.$$

Es ist indessen die specifische Wärme der Luft bei ungehinderter Ausdehnung, also constantem Drucke (c) und die specifische Wärme der Luft bei constantem Volumen (c_1) nicht unbedeutend verschieden, und daher ändert sich bei grösseren Manometerständen oder Spannungsunterschieden das angegebene einfache Verhältniss und man muss einen auf das Verhältniss $\frac{c}{c_1} = \varkappa$ gegründeten Coëfficienten einführen. Es entsteht [4]) die Formel

---

1) Pogg. Annal. 1867. S. 283 ist 29413 aufgeführt, eine gegen die Favre'schen Zahlen abweichende Angabe, wohl ein Druckfehler. — 2) Nämlich 6 × 247[illegible] Wärmeeinheiten, vergl. Annal. de chim. et de phys. sér. III, t. 34, p. 399 und Thèses par Favre, 1853. p. 56. — 3) Genauer = 0,003665, vergl. S. 84. — 4) Auf Grundlage des Poisson'schen oder potenzirten Mariotte'schen Gesetzes. Vergl. Hauer S. 14 u. f.

$$\frac{p^{\frac{\varkappa-1}{\varkappa}}}{p_1^{\frac{\varkappa-1}{\varkappa}}} = \frac{1 + 0{,}00367\,t}{1 + 0{,}00367\,t_1},$$

mithin

$$t_1 = \frac{\left[\left(\frac{p_1}{p}\right)^{\frac{\varkappa-1}{\varkappa}} \cdot (1 + 0{,}00367\,t)\right] - 1}{0{,}00367}.$$

un ist $\varkappa = 1{,}419$, daher $\frac{\varkappa - 1}{\varkappa} = 0{,}2953$.

er gewöhnliche Manometerstand ist, wie wir gesehen haben, 3 Pfund irca 6 Zoll Quecksilber, der höchste 5 Pfund oder circa 10 Zoll silber. Mithin $\frac{p_1}{p}$ im einen Falle $= \frac{28 + 6}{28} = 1{,}2143$, im anderen $\frac{10}{} = 1{,}3571$, und daher, wenn wir die mittlere Temperatur der phäre $= 7^0$ C. setzen, $t_1 = 23{,}5^0$ C. resp. $30{,}6^0$ C.

Ian sieht, dass die Temperaturerhöhung selbst bei der höchsten ng, welche man dem in den Hochofen strömenden Winde giebt, hr gering ist, sicherlich durch Ausstrahlung, wenn nicht schon im ecylinder, so doch in der Röhrenleitung ausgeglichen und daher s verlorene Arbeit an der Gebläsemaschine, nicht aber im Betriebe ochofens fühlbar wird.

Einfluss hoher Temperaturen des Windes.

)er heisse, d. h. künstlich zu hohen Temperaturen erhitzte Wind zuerst auf der Clyde-Hütte in Schottland zum Hochofenbetriebe t. Man verwendete dort Thoneisenstein als Erz, Kalkstein als Zu- und Koks (von der Splintkohle, einer nicht backenden, sauerstoff- n Steinkohle, welche 45 Proc. Koks giebt) als Brennmaterial [1]).

Während der sechs ersten Monate des Jahres 1829, in welcher Zeit Wind auf der Clyde-Hütte ausschliesslich gebraucht war, wurden $1^1/_4$ cwts. $= 161^1/_4$ Ctr. verkokte Kohle für 1 ton = 20 Ctr. en verbraucht. Während der sechs ersten Monate des folgenden , in welcher Zeit der Wind auf 300^0 F. $= 149^0$ C. erhitzt wurde, uchte man 5 tons $3^1/_4$ cwts. $= 103^1/_4$ Ctr. verkokte Kohle zu = 20 Ctr. Roheisen. Die wirkliche Ersparniss an Kohle betrug n nur $2^1/_2$ tons = 50 Ctr., da 8 cwts = 8 Ctr. Kohle zur Er- g des Windes verbraucht wurden.

Vergl. Dr. Clark, Professor der Chemie zu Aberdeen: On the application Hot-Blast in the manufacture of Cast Iron. Vortrag gehalten in der Royal von Edinburgh, 16. März 1835.

Im Jahre 1831 wurde auf der Calder-Eisenhütte rohe Steinkohle mit Erfolg an Stelle des Koks eingeführt und dies dann schnell auf den meisten schottischen Werken adoptirt. Die Temperatur des Windes erhöhte man nun auf die Schmelzhitze des Bleies, ja die des Zinks und war nun auch gezwungen, Wasserformen zu benutzen. Während der ersten sechs Monate des Jahres 1833, wo man zu Clyde-Hütte auch die Anwendung der rohen Steinkohle eingeführt hatte, war der Verbrauch an Kohle für 20 Ctr. Roheisen = 2 tons $5^1/_4$ cwts. = $45^1/_4$ Ctr., exclusive 8 cwts. = 8 Ctr., welche für die Erhitzung des Windes verwendet wurden. Es stellte sich daher der wirkliche Kohlenverbrauch auf 2 tons $13^1/_4$ cwts. = $53^1/_4$ Ctr., während er im Jahre 1829 8 tons 14 cwts. = 174 Ctr. auf 1 ton = 20 Ctr. Roheisen betragen hatte.

Die auf der Clyde-Eisenhütte in den drei bezeichneten Perioden erlangten Resultate (wobei das Gebläse dasselbe geblieben war) sind übersichtlich aus der folgenden Tabelle (Seite 91) zu ersehen.

Hieraus folgt, dass bei Anwendung heissen Windes dieselbe Brennmaterialmenge dreimal so viel Eisen reducirte und dieselbe Windmenge doppelt so viel leistete, als vorher [1]). Man muss bei dem Vergleiche der verbrauchten Brennmaterialmenge die Zusammensetzung der Kohle nicht aus dem Auge verlieren, sonst würde man keine wirklich vergleichbaren Resultate bei verschiedenen Werken erhalten, deren Kohle oft sehr abweichend zusammengesetzt ist. Z. B. enthält die nichtbackende Steinkohle von Schottland und Süd-Staffordshire viel mehr Sauerstoff und viel weniger Kohlenstoff, als die nichtbackende halb anthracitische Steinkohle von Süd-Wales; Kohlenstoff ist doch aber der hauptsächliche Wärmeerzeuger in beiden. Zu oft wird dieser wichtige Punkt beim Vergleiche des Brennmaterialaufwandes verschiedener Eisenwerke ganz übersehen [2]).

---

[1]) Dr. **Clark**, op. cit. p. 378. — [2]) Auf der Clyde-Hütte hatte die Gebläsemaschine einen Dampfcylinder von 40 Zoll Durchmesser, einen Gebläsecylinder von 8 Fuss Tiefe und 80 Zoll Durchmesser, und machte 18 Hübe in der Minute. Die ganze Kraft des Gebläses wurde sowohl verwendet beim Einblasen in 3, als später beim Einblasen in 4 Hochöfen, und in beiden Fällen hatten die beiden Formen eines jeden Ofens 3 Zoll Durchmesser. Die Pressung des Windes betrug $2^1/_2$ Pfd. pro Quadratzoll. Der vierte Ofen wurde allerdings erst nach Einführung der Wasserkühlung und Schluss der Formen, also nach Vermeidung manchen Windverlustes, angeblasen, was schon daraus ersichtlich ist, dass die Maschine in Folge des grossen Widerstandes der Materialien weniger als 18 Hübe in der Minute machte, als man drei Hochöfen so eingerichtet hatte.

1829 betrug die Gicht (*charge*):

	cwts.	qrs.	lbs.	
	5 cwts.	— qrs.	— lbs.	Koks,
	3 „	1 „	14 „	gerösteten Eisenstein,
	— „	3 „	16 „	Kalkstein.
1830:				
	5 „	— „	— „	Koks,
	5 „	— „	— „	gerösteten Eisenstein,
	1 „	1 „	16 „	Kalkstein.

Koks und kalter Wind (vom 7. Januar bis 19. August 1829).		Koks und heisser Wind (vom 6. Januar bis 30. Juni 1830).		Rohkohle und heisser Wind (vom 9. Januar bis 30. Juni 1830).	
Durchschnittliche wöchentliche Production an Roheisen in 3 Hohöfen.	Durchschnittlicher Verbrauch an Kohle auf 1 ton = 20 Ctr. Roheisen.	Durchschnittliche wöchentliche Production an Roheisen in 3 Hohöfen.	Durchschnittlicher Verbrauch an Kohle auf 1 ton = 20 Ctr. Roheisen.	Durchschnittliche wöchentliche Production an Roheisen in 4 Hohöfen.	Durchschnittlicher Verbrauch an Kohle auf 1 ton = 20 Ctr. Roheisen.
tons. cwts. qrs.	tons. cwts. qrs.	tons. cwts. qrs.	tons. cwts. qrs.	tons. cwts. qrs.	tons. cwts. qrs.
110 14 2	8 1 1	162 2 2	5 3 1	245 0 0	2 5 1
Preuss. Ctr.	Preuss. Ctr.	Preuss. Ctr.	Preuss. Ctr.	Preuss. Ctr.	Preuss. Ctr.
$2214\frac{1}{2}$	$161\frac{1}{4}$	$3242\frac{1}{2}$	$103\frac{1}{4}$	4900	$45\frac{1}{4}$

Diese Mittheilungen haben insofern Werth, als sie den unmit Erfolg erhitzten Windes erkennen lassen. Wollte man die jetzi triebsresultate der Hochöfen, deren bei Weitem grösster Theil ge tig mit heisser Luft arbeitet, mit den Resultaten vergleichen, wel dem bei Anwendung kalter Luft erlangt worden sind, so würde sehr unrichtigen Schlüssen kommen, denn man würde alle üł gemachten Fortschritte dem heissen Winde anrechnen.

Deshalb haben auch die Mittheilungen ein grosses Interesse, bei Einführung des Betriebes mit heissem Winde an verschiedene aufgezeichnet sind. Von den meisten derartigen Aufzeichnungen F. Th. Merbach[1]) eine tabellarische Zusammenstellung geg Tabelle auf nebenstehendem Blatte), denen wir noch einige Angab sten's[2]) über die Hütten zu Vietz, Malapane und Gleiwitz haben.

Die in dieser Tabelle zusammengestellten Ergebnisse von 30 Hüttenwerken, welche unter ganz gleichen Verhältnissen vom mit kaltem zum Betriebe mit heissem Winde übergegangen sind tate, welche weit übertroffen werden von denjenigen, welche ma zielt hat, wo man zugleich die Stärke des Gebläses, die Dimensi Hochofens und Anderes einer vermehrten Production angemes grösserte — können keinen Zweifel mehr übrig lassen, dass de Wind eine Brennmaterialersparniss, eine Productionserhöhung od zur Folge hat. Wir werden später sehen, dass die Winderhitzu einige andere Vortheile für den Hochofenbetrieb, freilich auch Nachtheile bezüglich der Qualität des Roheisens bietet.

Ehe wir zu der theoretischen Erörterung der Wirkungsw erhitzten Windes übergehen, sollen die Apparate, in denen die E in der Praxis vorgenommen wird, beschrieben und ihre Resultat lich der Temperaturhöhe und des dazu erforderlichen Brennmat brauchs, welcher bei jeder Kohlenersparniss im Hochofen natü Abzug gebracht werden muss, gegen einander gestellt werden.

Winderhitzungsapparate.

(Hot blast ovens.)

Der menschliche Erfindungsgeist hat sich seit der Erkennt der Wichtigkeit erhitzter Gebläseluft für den Hochofenbetrieb i tendem Grade auf Herstellung von Apparaten zu diesem Zweck

1833:

5 cwts.	— qrs.	— lbs.	Steinkohle,
5 „	— „	— „	gerösteten Eisenstein,
1 „	— „	— „	Kalkstein

(vergl. Dr. Clark, op. cit., p. 382).

[1]) Die Anwendung der erwärmten Gebläseluft im Gebiete der Metall den Nachlassschriften des Oberberghauptmanns Freiherrn v. Herder. Lei — [2]) Eisenhüttenk. III, 271.



st, und es sind zahlreiche Arten und noch mehr Unterarten desselben rdacht und im Grossen versucht worden.

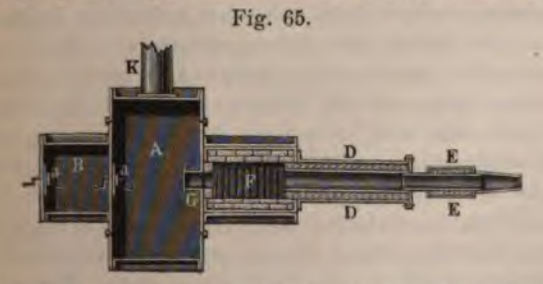
Ausführliche Schriften über Winderhitzungsapparate giebt es mehrere, m Englischen von Marten[1]) aus dem Jahre 1862, im Deutschen der tlas zu dem bereits erwähnten Werke von Merbach, welches obwohl eraltet — vom Jahre 1840 — doch sehr werthvoll ist[2]). Sodann ist ine recht vollständige Zusammenstellung in Kerl's Hüttenkunde[3]) für etallurgische Processe im Allgemeinen gegeben. Einzelnes findet sich n zahlreichen technischen Zeitschriften zerstreut.

Die Erwärmung des Windes geschieht gegenwärtig nicht durch irecte Uebertragung der Wärme aus den heissen Producten der verrannten Brennmaterialien, sondern durch indirecte Uebertragung der itze vermittelst anderer fester Körper. Diese letzteren bestehen in Eisen der in feuerfesten Steinen.

A. Directe Erhitzung des Windes.

Die directe Erwärmung durch Mischen mit den Verbrennungsgasen t zuerst von Botfield im Jahre 1828 in Vorschlag gebracht, dann diese ee von Devaux[4]) 1835 vervollkommnet. Letzterer liess die comprirte Luft durch den Rost und dann direct mit den Verbrennungsgasen den Ofen strömen, während ersterer das Gebläse nur zum Ansaugen r Producte eines besonders unterhaltenen Feuers benutzte. Fig. 65 und g. 66 (a. f. S.) stellen den Apparat dar. Die Arbeit war folgende: Wenn s Feuer angezündet worden und die Thür, welche die Kammer *A* mit verbindet, geschlossen war, so wurde das Gebläse angelassen. Die ft trat durch das Rohr *K* in den Aschenfall *M*, durchdrang das Brennaterial und ging mit der Flamme vermischt durch das Leitungsrohr *D*

Fig. 65.



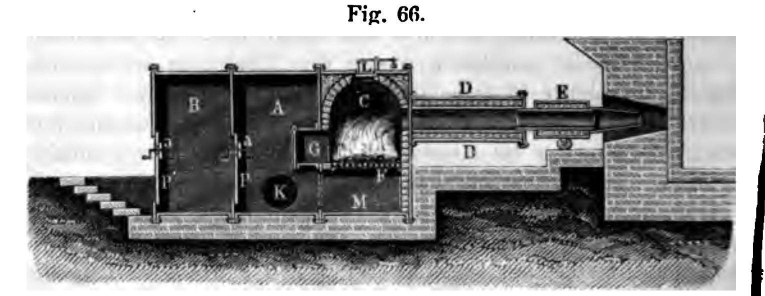
Devaux's Winderhitzungsapparat. Horizontalquerschnitt.

---

[1]) On the construction of Hot-Blast Ovens for Iron furnaces. By Mr. Henry rten, of Wolverhampton. Proceedings of the Institution of Mechanical Engiers. May 4th. 1859. p. 62. — [2]) 35 Tafeln, Abbildungen der vorzüglichsten parate zur Erneuerung der Gebläseluft auf den Hüttenwerken in Deutschland, gland, Frankreich, Schweden und der Schweiz. 1840. — [3]) Bd. I, S. 641. — Dingler's polyt. Journ. 1836. Bd. 61. S. 123.

in die Düse *E*. Sollte das Feuer geschürt werden, so trat der Arbeit
in die Kammer *B*, liess durch ein Ventil die comprimirte Luft in diese

Fig. 66.



Devaux's Winderhitzungsapparat. Verticalquerschnitt.

Kammer treten, nachdem er die Aussenthür *P'* verschlossen, und öff
dann die Thür *P* zwischen *B* und *A*, von welchem letzteren Raum au
nach Oeffnung der Klappe *G* das Feuer beschickte und den Rost reini
Der Devaux'sche Apparat scheint nur eine Nachahmung des bereits
Jahre 1834 in Frankreich versuchten Cabrol'schen zu sein [1]). „Cabr
liess die aus dem Regulator des Gebläses austretende Luft durch ei
glühenden Heerd streichen, wo sie zum Theil zersetzt und je nach
Geschwindigkeit ihres Durchganges, der Ausdehnung des Rostes
der Quantität des daselbst angehäuften Brennmaterials mehr oder mi
erhitzt wurde, um dann in den Ofen zu gelangen. Der Heerd wa
einer gusseisernen Kammer angebracht, welche unten mit dem Regul
des Gebläses und oben mit dem Windrohre communicirte; innen wa
sowie das Windrohr mit feuerfesten Ziegeln ausgefüttert. Der H
mitsammt seiner Kammer befand sich in einem grösseren gusseise
Gehäuse, welches so eingerichtet war, dass sich — in Folge der An
gung mehrerer mit luftdichten Thüren versehener Abtheilungen —
mit dem Dienste des Apparates beauftragte Arbeiter nach Belieben h
begeben konnte, theils um das Brennmaterial auf den Rost zu we
theils um diesen von der Asche, die ihn etwa verlegte, zu befrei
Der Apparat wurde zuerst an einem Hochofen zu Chèvres probirt, so
im October 1834 in Alais und 1835 zu la Forézie (Aveyron). Ue
will man Erhöhung des Ertrages und Ersparniss an Brennmaterial,
einen besseren Hochofengang gefunden haben. Zu Forézie soll die E
hung des Ertrages 1 : 2,73, die Kostenersparniss an Brennmaterial,
beitslohn u. s. w. 40 Proc. betragen haben, aber es sind sehr bald
weiteren Nachrichten ausgeblieben, und der ganze Apparat ist längst
schollen. Wenn die Angaben über die Wirksamkeit dieses Apparates
tig sind, so kann man daraus nur ersehen, dass unter den gegebenen
hältnissen der Einfluss der Temperaturerhöhung selbst eines vermin
Windquantums zur Erreichung der erwähnten Resultate genügte.

[1]) Dingler's polyt. Journ. 1835. Bd. 57, S. 109, und 1837. Bd. 64, S.

Die Luft, wenn sie das Brennmaterial trifft, gleichgültig ob sie, wie bei Cabrol, darüber hinstreicht, oder, wie bei Devaux, durch dasselbe dringt, oxydirt den Brennstoff, und die dadurch erzeugte Hitze überträgt sich auf die Verbrennungsproducte und die überschüssige, also unzersetzte Luft. Beide zusammen gelangen erhitzt in den Ofen. Nur die letztere indessen bewirkt hier eine weitere Verbrennung und Temperaturerhöhung, während die mitgeführten Verbrennungsproducte sich passiv verhalten, ja im Gegentheil mit auf die erhöhte Temperatur erhitzt werden müssen.

Wenn der durch reine Luft erzeugte pyrometrische Wärmeeffect [1])

$$T = \frac{p\,c}{3{,}67\,c\,s + n\,s'}$$

ist, worin p die Verbrennungswärme der Kohle in der zu einer bestimmten Temperatur erhitzten Luft (deren Höhe einstweilen nicht näher untersucht werden soll), c das Gewicht des Kohlenstoffs, n das Gewicht des mit der Luft eingeführten Stickstoffs, s die specifische Wärme der Kohlensäure, s' die des Stickstoffs bedeutet, so ist der pyrometrische Wärmeeffect einer zur Hälfte zur Verbrennung schon benutzten Luft von gleicher Temperatur

$$T' = \frac{p\,c}{2\,(3{,}67\,c\,s + n\,s')};$$

denn im Ofen wird nur die Hälfte an Kohlenstoff verbrannt, während dieselbe Menge von Verbrennungsproducten erhitzt werden muss, oder, was dasselbe sagen will, auf dieselbe Menge Kohlenstoff kommen doppelt so viel Verbrennungsgase. Hatten wir früher für die Temperatur der Luft von 0^0 $T = 2745^0$ C. gefunden, so wird T' nur $= 1372^0$ C. sein. Nun ist aber die Luft schon vorher durch Verbrauch einer entsprechenden Menge Brennmaterial ebenso hoch erhitzt worden. Es würde daher, falls keine Abkühlung derselben bis zum Eintritt in den Ofen stattfände, dasselbe Resultat erreicht werden, wie bei kaltem Winde. Dies gilt indessen nur für den Fall, dass das in dem Apparate verbrannte Brennmaterial gleiche Zusammensetzung mit dem vor den Formen des Hochofens verbrannten hätte, für den Fall also, dass man Holzkohle oder Koks verwendet. Will man dagegen z. B. in dem Erhitzungsapparate ein rohes, d. h. kohlenstoffärmeres und dabei wasserhaltiges Brennmaterial verwerthen, so muss das Resultat ein schlechteres sein, als das bei kaltem Winde erlangte. Die Gründe, warum, wenn den Berichten zu glauben ist, in der That ein besseres Resultat als bei kaltem Winde erhalten wurde, wird man einsehen, wenn die Wirkungsweise des indirect erhitzten Windes erörtert worden ist.

Schon Cabrol deutete darauf hin, dass man wohl die Gichtgase zur directen Erhitzung der Gebläseluft benutzen könne, und in neuerer Zeit ist wirklich der Vorschlag gemacht worden, die Gichtgase mit mehr oder weniger Luft gemischt durch die Formen wieder in den Ofen zu leiten.

---

[1]) Vergl. S. 78.

Man hat bei diesem Vorschlage nicht bedacht, dass die Gichtgase neben brennbaren Gasen auch eine grosse Menge unverbrennlicher, also nur Wärme absorbirender Gemengtheile enthalten, und dass, wenn man selbst von Wasserdampf, Kohlensäure u. s. w. absieht, schon der sich immer mehr concentrirende Gehalt an Stickstoff genügen würde, um binnen Kurzem jede Verbrennung unmöglich zu machen und den Ofen zu ersticken.

B. Indirecte Erhitzung des Windes.

Die indirecte Erwärmung kann auf zweierlei Weise geschehen. Entweder wird die Gebläseluft in permanentem Strome durch ein Röhrensystem geführt, welches von Aussen durch die heissen Verbrennungsproducte umspielt und erhitzt wird — ein solches System wird stets aus Eisen hergestellt — oder die Verbrennungsgase werden durch einen Raum geführt, den sie erhitzen, worauf der Wind denselben Weg einschlägt und die Wärme wieder aufnimmt; in dem letzteren Falle besteht der erhitzte und Hitze abgebende feste Körper stets aus feuerfesten Ziegeln.

Gleichgültig welche Art von Erhitzungsapparaten gewählt wird, so kann jeder beliebige Brennstoff, wenn er nur eine hinreichend hohe Temperatur erzeugt, verwendet werden; doch finden zwei Arten Brennmaterial hauptsächlich Anwendung, nämlich Steinkohlen und die Gase des Hochofens, welchem die Winderhitzung zu Gute kommt.

I. Winderhitzungsapparate mit eisernen Röhren.

Der erste Winderhitzungsapparat Neilson's bestand aus einer kleinen schmiedeisernen Kammer von 4 Fuss Länge, 3 Fuss Höhe und 2 Fuss Breite, ähnlich einem Kofferkessel. Unten war die Feuerung angebracht, oben stand der Kopf mit der atmosphärischen Luft in Berührung. Der kalte Wind drang an einem Ende unmittelbar über dem Roste ein und ging am entgegengesetzten Ende direct zur Form mit einer Temperatur von etwa 93° C. (200° F.). Jede Form hatte einen solchen Apparat. Die gesammte Fläche des Rostes für jeden betrug etwa 3,8 pr. (4 engl.) □Fuss und die Heizfläche der Kammer 33 pr. (35 engl.) □Fuss. Schon bei dem hierdurch erzielten geringen Grade der Erhitzung zeigte sich der Vortheil aufs Klarste.

Da diese aus Kesselblech gefertigten Kammern sehr schnell durch Oxydation zerstört wurden, so versuchte Neilson, dieselben durch cylindrische Gefässe aus Gusseisen zu ersetzen, welche sich an beiden Enden flaschenartig erweiterten, $2^3/_4$ Fuss Durchmesser und 6 Fuss Länge hatten. Sie wurden horizontal über einem Roste angebracht und ganz von Mauerwerk umgeben, um so den durch Ausstrahlung veranlassten grossen Wärmeverlust zu vermeiden, welchen der erste Apparat erlitten hatte. Die Rostfläche betrug 10,4 preuss. (11 engl.) □Fuss und die Heizfläche

für den Wind 51,9 preuss. (55 engl.) □Fuss. Auch erhielt jede Form ihren besonderen Apparat. Die Temperatur des Windes stieg nunmehr auf 138° C. (280° F.).

Einen noch höheren, bis $315^1/_2$° C. (600° F.) steigenden Effect erreichte Neilson durch Einrichtung cylindrischer Röhren von Gusseisen, 18 Zoll im Durchmesser, horizontal liegend, mit Flanschen verbunden. Sie bildeten zusammen einen Strang von 97 preuss. (100 engl.) Fuss mit einer Heizfläche von 226,3 preuss. (240 engl.) □Fuss für jede Form. Die zugehörige Rostfläche betrug 26,4 preuss. (28 engl.) □Fuss. Fünf Roste waren im Ganzen für zwei Formen vorhanden.

Solche einen bedeutenden Raum in Anspruch nehmende Apparate, bei denen im Wesentlichen nur die gewöhnliche Windleitung an mehreren Stellen von Mauerung umgeben und durch Rostfeuerung erhitzt war, sind ausser auf der Clyde-Hütte in Schottland, auch in Frankreich auf den Hochöfen zu la Voulte, wo auf jede Form ein Rost kam, und zu Vienne, wo auf zwei Formen drei Roste kamen, sowie in Schweden zu Brefven, wo der Röhrenstrang nicht einfach horizontal, sondern mehrfach gebrochen aufsteigend construirt war, angewendet worden, jetzt aber ganz ausser Gebrauch gekommen [1]).

Es war so der erste Apparat zur Erzeugung eines heissen Windes gewonnen, aber er zeigte auch sofort Mängel, welche man bei kaltem Winde nicht gekannt hatte. Marten [2]) führt sie an, indem er bemerkt: „Mit der Verlängerung der Erhitzungsröhren bei einem zugleich complicirteren Apparat entstand eine Schwierigkeit, welche als äusserst nachtheilig anerkannt, doch dem Erfindungsgeiste einer ganzen Generation von Hochofenmeistern trotzte. Sie entstand aus der unregelmässigen und nicht compensirten Expansion und Contraction der Röhren, deren Folge ein Undichtwerden der Verbindungsstellen war. — Wollte man dies Undichtwerden der Verbindungsstellen (*the leakage at the joints*) durch Anbringung eines festen gusseisernen Ringes verhindern, so veranlasste man den Bruch der Röhren selbst, einen viel schlimmeren Fehler.“ Uebrigens aber waren die Vortheile des erhitzten Windes so gross, dass man selbst diese Nachtheile gern in den Kauf nahm.

Gerade bei einer fortlaufenden Tour von Röhren war ein Ausweichen nicht möglich und deshalb mehr als in anderen Fällen ein Undichtwerden die unmittelbare Folge. Zudem lagen die Verbindungsstellen alle im directen Feuer, und die Dichtungsmittel waren wie die Röhren selbst den schon beim Schüren stets stark wechselnden Temperaturen ausgesetzt.

In Folge dieser Mängel kam denn Neilson endlich auf den sogenannten „Zwillings-Röhrenapparat“ (*cast iron tubular oven*), welcher für die meisten später erfundenen Apparate die Grundlage der Construction abgiebt. Mit ihm brach sich die allgemeine Verbreitung des erhitzten Windes Bahn und vollzog sich auf den meisten Hüttenwerken Eng-

[1]) Vergl. Merbach, Taf. IV bis VII. — [2]) Op. cit. p. 65.

lands, Deutschlands und Frankreichs in den Jahren 1831 bis 1838. Diese Apparate bestehen im Wesentlichen aus zwei horizontalen, parallel zu einander liegenden Röhren, welche durch eine Reihe auf- und absteigender, also heberartig gebogener Röhren mit einander verbunden sind, so dass stets ein den Wind aufwärts führendes Rohr oder Rohrstück mit einem abwärts führenden zu einem Paare (Zwillinge) verbunden ist.

Neben diesem Apparate und zu derselben Zeit wurde zu Wasseralfingen in Würtemberg ein Apparat erfunden, dessen wesentlichste Eigenthümlichkeit darin bestand, dass eine grössere Zahl von parallel zu einander liegenden Röhren durch Kniestücke abwechselnd zu einer oder mehreren Schlangen verbunden waren, ein Apparat, der ebenfalls die Grundlage der Construction einer zweiten Reihe von Vorrichtungen abgab, welche man mit dem gemeinschaftlichen Namen der Schlangenröhren-Apparate bezeichnen kann.

Während das Princip der Zwillingsröhren-Apparate darin besteht, dass der Wind aus einem horizontalen Rohre in einer ganzen Gruppe von Röhren oder Rohrtheilen aufwärts steigt und in den zugehörigen Zwillingsröhren zu einem zweiten Horizontalrohr abwärts geht, also im Wesentlichen jedes Windtheilchen nur bei einmaligem Auf- und Absteigen der Erhitzung ausgesetzt wird, so liegt das Wesen der Schlangenröhren-Apparate darin, dass der Wind in zahlreichen schlangenförmig verbundenen Röhren entlang geht, also jedes Windtheilchen mehr als zweimal den Erhitzungsraum durchläuft.

Wie es indessen bei den Zwillingsröhren-Apparaten häufig vorkommt, dass der Wind aus dem zweiten Hauptrohre zurück in eine zweite Abtheilung des ersten geführt wird, dass also dasselbe Windtheilchen auch hier mehr als zweimal den Erhitzungsraum durchläuft, ja dass schliesslich Apparate entstehen, welche vollständig zu den Schlangenapparaten im Principe gehören, obschon sie der Form nach noch den Zwillingsröhren-Apparaten zufallen, so finden wir auch umgekehrt zahlreiche Uebergänge, welche die Form der Schlangenröhren mit dem Principe der Zwillingsröhren mehr oder weniger vereinigen. Einen meist entschiedener ins Auge fallenden Unterschied bedingt die Lage der Röhren. Dieselben haben entweder eine ganze oder nahezu verticale Stellung (stehende Röhren) oder liegen ganz oder nahezu horizontal (liegende Röhren). Aber auch dieser Unterschied ist oft nur ein äusserlicher, und zwei derartige Apparate sind in ihren Principien zuweilen weit ähnlicher als zwei Zwillingsröhren-Apparate [1]). Man erwarte daher in der Eintheilung des

[1]) Merbach hat in seinen Erläuterungen der vorzüglichsten Apparate zur Erwärmung der Gebläseluft ein System von 17 verschiedenen Arten aufgestellt, ohne dass dies gerade die Uebersichtlichkeit erleichterte (s. S. 4 u. f.). In vielen Fällen dürften wir Deutschen im Gegensatz zu den zu wenig classificirenden Engländern in der Technik zu sehr schematisiren und dadurch ebenso wie diese der Klarheit der Sache schaden. Der Bearbeiter hat sich bemüht, die Mitte einzuhalten.

Folgenden kein durchaus logisches System, sondern nur eine Anordnung zur Erleichterung des Nachschlagens für den Leser zu finden.

a. Winderhitzungs-Apparate mit stehenden Röhren.

α. Zwillingsröhren-Apparate.

Neilson's Apparat. Der erste Apparat dieser Art von Neilson bestand aus zwei in Mauerwerk eingeschlossenen Horizontal-Hauptröhren (*mains*), zwischen denen sich der tiefer gelegene Rost befand. Beide waren mit angegossenen Muffen versehen, welche aus dem Mauerwerk herausragten und in welche die Enden der halbkreisförmig gebogenen Verbindungs- oder Zwillings-Röhren (*arch-pipes*) passten. Das Ganze war überdeckt durch ein Tonnengewölbe aus Ziegelsteinen, auf dessen Scheitel sich eine kurze Esse befand. Der kalte Wind trat in das eine Hauptrohr, vertheilte sich in die Verbindungsröhren, in denen er bei seinem Uebergange von der Flamme erhitzt wurde, und trat am entgegengesetzten Ende aus dem zweiten Hauptrohre heiss aus.

Es wurde nun der Ofen mit drei Formen versehen, und jede erhielt ihren besonderen Winderhitzungsapparat (*hot-blast oven*), dessen Dimensionen folgende waren:

	engl.	
Durchmesser der Hauptröhren	12 Zoll	0,305 Meter
Länge jedes Hauptrohres	10 Fuss	3,048 „
Zwischenraum zwischen den Axen beider . .	6 „	1,829 „
Zahl der Verbindungsröhren	9.	
Innerer Durchmesser der Verbindungsröhren	4 Zoll	0,102 „
Aeusserer Durchmesser der Verbindungsröhren	7 „	0,178 „
Höhe vom Rost bis zur Unterkante der Verbindungsröhren	4 Fuss 4 Zoll	1,321 „
Heizfläche pro Form	150 □Fuss	13,935 □Meter
Rostfläche „ „	15 „	1,393 „

Man erreichte hier dieselbe Temperatur, wie in dem vorher von Neilson construirten Apparate, obwohl die Heizfläche noch nicht $^2/_3$ und die Rostfläche etwas über die Hälfte betrug, hatte demgemäss geringeren Brennmaterialverbrauch und ausserdem bei weniger durch Undichtigkeit veranlasstem Windverluste eine grössere Regelmässigkeit der Erhitzung. Die Undichtigkeit, welche der dem directen Feuer ausgesetzte Flanschenverband jener früheren Einrichtung stets zeigte, wurde bei dem neuen Apparate durch die grösstentheils von Mauerwerk geschützte Muffenverbindung vermieden, und die Erhitzung wurde dadurch eine weit gleichmässigere, dass jeder Apparat seinen eigenen unabhängigen Rost hatte [1]).

Aber trotz dieses entschiedenen Fortschritts zeigte der Apparat noch mancherlei Mängel. Die Muffenverbindungen wurden noch immer hin und

---

[1]) Marten, op. cit. p. 67.

wieder undicht, wenn man auch den Dichtungskitt möglichst fest stampfte, die gebogenen Röhren rissen, wurden durch Nachlässigkeit des Schürers oft überhitzt und verbrannten sogar ganz und gar; man konnte die Temperatur auf 316° C. (600° F.) nicht ohne Gefahr halten. Dazu kam, dass die Pressung des Windes durch Reibung bedeutend vermindert wurde und dass endlich in Folge der Nähe des Ofens an der Form zwischen diesem und dem Erhitzungsapparate eine für den Arbeiter unerträgliche Hitze entstand.

Hosenröhren-Apparate (*Syphon pipe oven*). Einigen dieser Uebelstände liess sich abhelfen. Man verlängerte die Verbindungsröhren und gab ihnen zwei gerade durch eine Curve verbundene Schenkel. Es entstand eine Form, welche wegen ihrer Aehnlichkeit mit einem Beinkleide dem Apparate die Benennung Hosenröhren-Apparat (im Englischen wegen der Aehnlichkeit mit einem Bierheber *syphon*, *syphon-pipe-oven*) einbrachte.

Die Schenkel (Beine, *legs*) der Röhren standen gegen einander etwas geneigt. So kam der Wind auf einem längeren Wege mit der Flamme in Berührung, konnte also ohne eine übermässige Erhitzung des Rohres hinreichende Hitze aufnehmen, während durch die weitere Entfernung der Fussenden von einander das Undichtwerden an den Muffen mehr als bei dem früheren Apparate verhindert wurde. Um nicht die Stichflamme zu direct auf das Gusseisen wirken zu lassen, legte man einen besonderen ausserhalb des Apparates befindlichen Rost an.

Zu gleicher Zeit ward ein derartiger Apparat von Firmstone auf der Lays-Eisenhütte bei Dudley und von Neilson auf der Calder-Eisenhütte in Schottland errichtet. Von diesem letzten haben alle ähnlichen Apparate auch den oft gebrauchten Namen Calder'sche erhalten. Es gelang nun den Wind auf 316° C. (600° F.) für drei Formen durch eine Feuerung zu erhitzen.

Die Dimensionen des Firmstone'schen Apparates waren folgende:

	engl.	
Hauptrohr	$7^1/_2$ Fuss	2,286 Meter
Zahl der Verbindungsrohre	9.	
Gesammt-Heizfläche	240 □Fuss	22,30 □Meter
Heizfläche für jede Form	80 „	7,43 „
Gesammt-Rostfläche	9 „	0,836 „
Rostfläche für jede Form	3 „	0,279 „

Dieser Apparat unterschied sich von dem Calder'schen nur dadurch, dass die Hosenröhren nicht kreisförmig, sondern oval im Querschnitt waren, eine für die Erhitzung selbstverständlich günstigere Form, auf welche wir weiter unten noch zurückkommen werden. Er wurde in anderen Gegenden noch weiter verändert und hat in der Form, unter welcher er als verbesserter Staffordshire-Apparat (*improved Staffordshire oven*) bekannt ist, folgende Dimensionen:

	engl.			
Länge innerhalb des Mauerwerks	16	Fuss	4,876	Meter
Breite „ „ „	7½	„	2,286	„
Zahl der Hosenröhren	16.			
Gesammt-Heizfläche	700	□Fuss	65,03	□Meter
Heizfläche pro Form	175	„	16,26	„
Gesammt-Rostfläche	35	„	3,251	„
Rostfläche pro Form	9	„	0,279	„

Die Schenkel der Röhren sind bei diesem letzten Apparate inwendig dicker als aussen im Eisen, da sie dort stärkerer Hitze ausgesetzt sind. Das Eintrittsrohr für den kalten Wind hat in seiner Mitte eine rechtwinklig zur Achse stehende Scheidewand, der Wind strömt daher durch acht Hosenröhren in das zweite Hauptrohr, welches an beiden Enden geschlossen ist und von dort zurück durch die folgenden acht Röhren in die zweite Hälfte des ersten Rohres, von wo er zu den Formen geführt wird. Man hat hier in der That zwei zu einem einzigen vereinigte Apparate [1]).

Der Bruch der Röhren hatte nun zwar durch die Verlängerung der Röhrenschenkel abgenommen, aber keineswegs aufgehört. Solcher Bruch ist aber ein nicht gering zu veranschlagender Nachtheil, wenn man an die Productionskosten des Windes denkt. Auf den ersten Augenblick scheint die praktische Erfahrung auffallend, dass die Röhren stets am convexen, nach oben gekehrten Theil des Bogens reissen. Würde das Rohr ganz frei hängend erhitzt werden, so würden sich seine Schenkel von einander entfernen, es würde sich der geraden Linie mehr und mehr nähern; denn der kürzere dem Feuer zuliegende Bogen dehnt sich in Folge der stärkeren Erhitzung mehr aus als der äussere. Wenn nun aber die beiden Enden des Rohres unverrückbar festgestellt sind, so wird der obere Abstand der Schenkel beim Erhitzen wachsen, der Scheitel des verbindenden Bogens herabgezogen und der Bogen flacher werden; es muss demnach der äussere Bogen, obwohl weniger heiss, doch eine stärkere Ausdehnung erleiden, als der innere, und in Folge dessen eher reissen als dieser. Fig. 67 (a. f. S.), in welcher *ab* die Axe der ursprünglichen Form, *cd* die der Form des Rohres beim Erwärmen im Falle des Freihängens, *ef* die der Form beim Festhalten der Schenkelenden in übertriebenem Maassstabe bezeichnen, wird dies anschaulich machen.

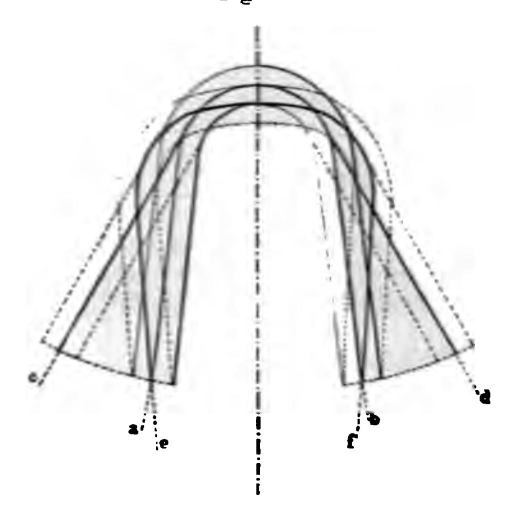
Es sind Vorschläge und auch Ausführungen gemacht worden, welche diesen Nachtheil beseitigen sollten. Sie sind aber so complicirter Art, dass sie keine grosse Verbreitung gefunden haben, noch auch finden werden. Man hat nämlich eins der Hauptrohre auf gusseiserne Rollen gelegt, durch welche eine Freiheit der Bewegung erzielt wurde, vermöge deren die Röhren sich unten wie oben ausdehnen können. Auch gusseiserne Kugeln [2]) sind mit Erfolg hier angewendet worden. Es ergab

---

[1]) Joined „end on“, wie man im Englischen, gekuppelt, wie man im Deutschen sagt. — [2]) Wie man sie auch als Unterlagen für Drehscheiben anwendet.

sich hierbei, dass das bewegliche Rohr seine Stellung um 2 Zoll änderte. Man hat diesen Ausschlag zugleich als Pyrometer benutzt, i man ihn durch Fühlhebelcombinationen auf einen Zeiger übertrug;

Fig. 67.

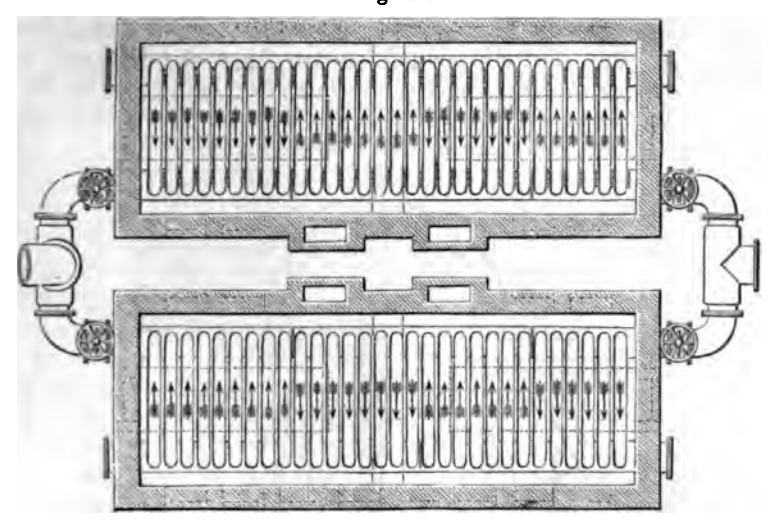


hat man versucht, hierdurch die Temperatur zu reguliren, inde die Bewegung auf die Registerklappe an der Esse übertrug und den Zug und die Stärke des Feuers variirte. Alle diese Constru haben, abgesehen von ihrer Complication, den Nachtheil, dass die lichkeit des Apparates bald durch angesetzten Staub und Schlacl mindert oder ganz gestört wird, und das Hauptrohr bei eintr Temperaturerniedrigung der Contraction nicht folgen kann. Es Folge dessen die umgekehrte Wirkung wie bei festliegenden Röhı das Rohr reisst am inneren Bogen.

Man ging daher wieder zu den festliegenden Hauptröhren construirte aber die Schenkel der Verbindungsröhren senkrecht, di am Kopfe demgemäss halbkreisförmig. Bei dem elliptischen schnitt blieb man stehen. So entstand diejenige Art von Hosen Apparaten, welche heutigen Tages am häufigsten in Gebrauch ist, sich auch jetzt noch viele Hüttenleute finden, welche die vortheil Erhitzung bei geneigten Schenkeln für überwiegend gegen den N des leichteren Reissens halten und letzteren durch sorgfältige I und gute Aufsicht auszugleichen streben.

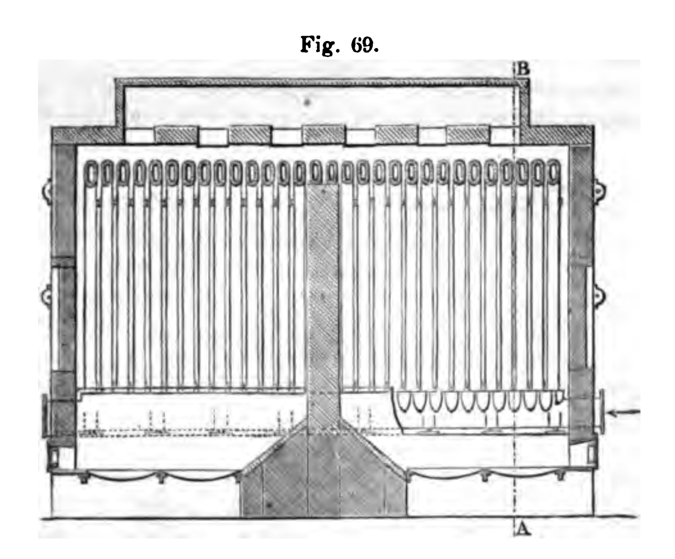
Zuweilen hat man aber auch die verticale Stellung der Schen der Beweglichkeit der Hauptröhren combinirt. Einen derartigen ten Hosenröhren-Apparat mit verticalen Schenkeln, welcher auf de ken der New-British-Iron-Company zu Corngreaves von Kenyon well errichtet ist, stellen die folgenden Figuren 68 bis 72 dar.

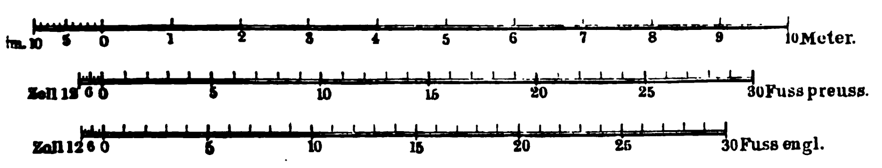
Fig. 68.



Hosenröhren-Apparat zu Corngreaves. Horizontalschnitt über den Köpfen der Hosenröhren.

Fig. 69.





Winderhitzungs-Apparat zu Corngreaves. Längsschnitt durch das Centrum

Hauptröhren sind beweglich. Man sieht aus Fig. 70, dass sie auf gusseisernen Rollen ruhen. Jedes einzelne System besteht aus zwei Abtheilungen, deren jede wieder einen gekuppelten Apparat bildet und ihre besondere für Steinkohlen eingerichtete Feuerung besitzt. Die Pfeile deuten die Windrichtung in den Köpfen der Hosenröhren an. Im Uebrigen dürften die Figuren keine weitere Erläuterung erfordern.

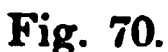
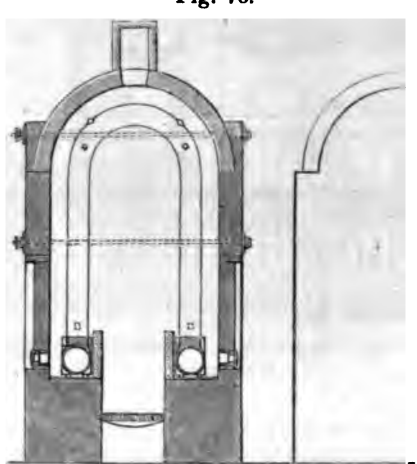


Fig. 70.

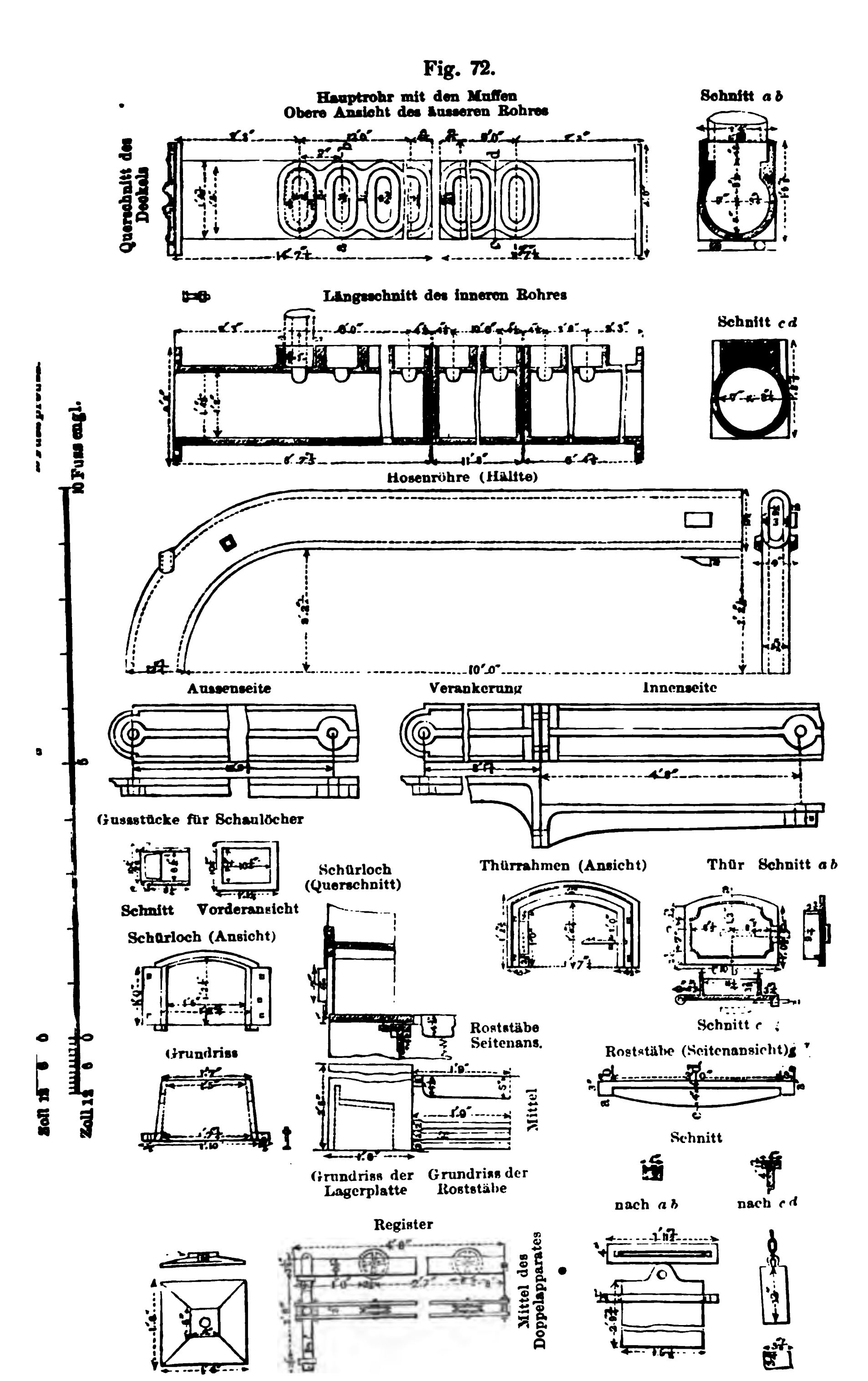


Winderhitzungs-Apparat zu Corngreaves. Querschnitt nach Linie *A B* der Fig. 69.

Fig. 71.

Winderhitzungs-Apparat zu Corngreaves. Obere Ansicht.

Fig. 72.

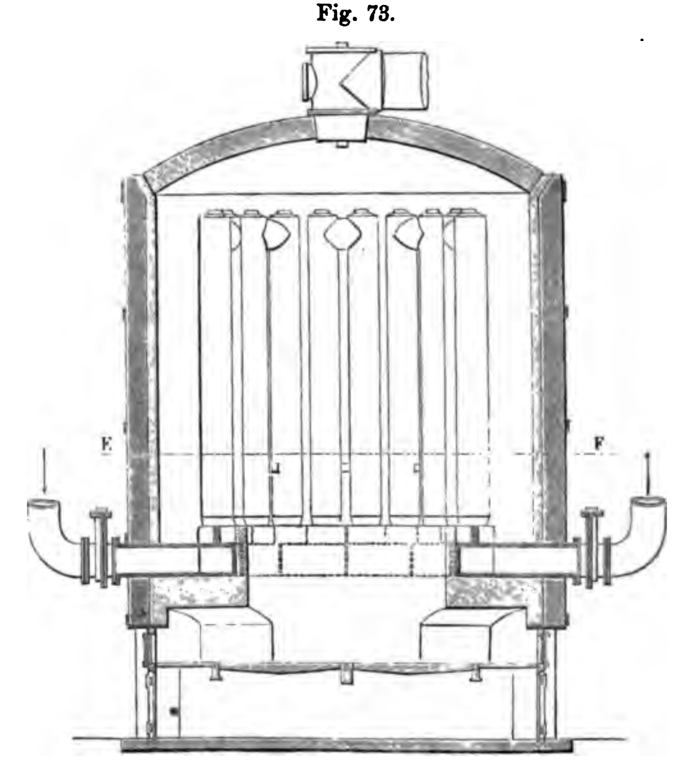


Details des *Winderhitzungs-Apparates* zu Corngreaves.

Um die Wärme noch besser auszunutzen, hat man zuweilen zwei, auch drei concentrische Hosenröhren angelegt, so dass gleichsam zwei oder drei mantelartig sich umhüllende Röhrengewölbe entstehen.

Fusskasten-Apparate (*box-foot pipe oven*). Schon bei der zuletzt geschilderten Art von Apparaten ist jedes Hauptrohr mehrfach getheilt. In Fig 68 z. B. sieht man, dass der von rechts kommende kalte Wind in eine Abtheilung des nach innen liegenden Hauptrohres tritt, aus welcher ihn sechs Hosenröhren in das äussere Hauptrohr führen. Von dort geht er in sieben Hosenröhren zurück, geht durch acht Hosenröhren abermals in das äussere Hauptrohr und endlich durch neun Hosenröhren in die letzte Abtheilung des inneren Hauptrohres. Mithin muss das innere Rohr in drei, das äussere in zwei Abtheilungen durch Scheidewände getheilt sein. Wenn man dies Princip der Theilung in den Hauptröhren zum Aeussersten fortführt, so gelangt man dahin, den Wind stets durch eine Hosenröhre von dem ersten nach dem zweiten und durch die folgende von dem zweiten nach dem ersten Hauptrohre zurückzuführen. In diesem Falle werden also nur die Enden von je zwei Hosenröhren in dieselbe Abthei-

Fig. 73.

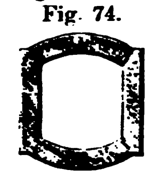


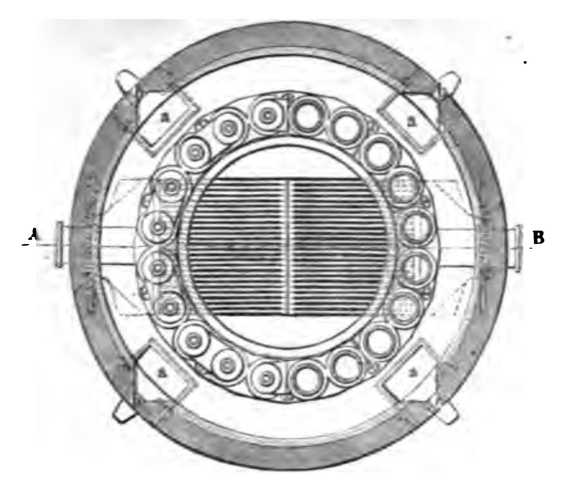
Runder Fusskasten-Apparat. Verticalschnitt nach Linie AB der Fig. 74.

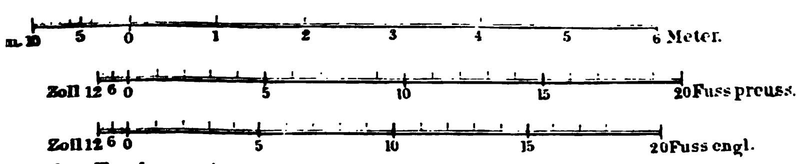
g des Hauptrohres einmünden. Es wird dann unzweckmässig für die sführung des Apparates, runde Hauptröhren zu wählen; man zieht halb Kästen von quadratischem Querschnitt vor und nennt die mit :hen Kästen versehenen Winderhitzungsöfen Fusskasten-Apparate. n findet derartige Apparate nur selten, weil sie unzweckmässig sind. r Wind wird zwar sehr stark erhitzt, aber entweder müssen die Röhren r weit sein, oder man muss viele Apparate haben, um das nöthige antum Wind hindurchführen zu können; ferner erleidet die Geschwin- ;keit des Windes durch das stete Umbiegen um 180° so viel Reibungs- lust, dass man den Apparat in keiner Weise empfehlen kann. Er ist wissermaassen nur eine sehr schlechte Modification des weiter unten schriebenen Schlangenröhren-Apparates.

Wir können daher auch über die verschiedenen Modificationen dieses parates kurz fortgehen. Die erste Abweichung von dem soeben beschrie- ıen Typus des Fusskasten-Apparates beruht darin, dass die Hosenröhren ht über die Feuerungsgase fortgeführt sind, sondern durch eine seitliche

Fig. 74.



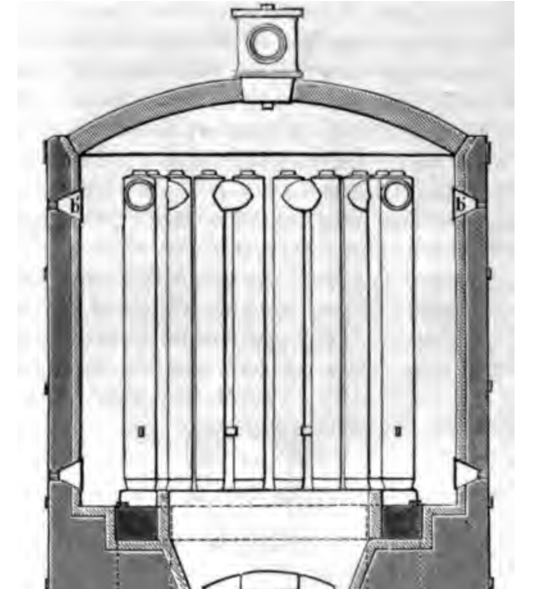




Runder Fusskasten-Apparat. Horizontalschnitt nach Linie EF der Fig. 73.

Drehung um 90° eine Verbindung der verschiedenen Abtheilungen (selben Hauptrohres bilden. Bei derartigen Constructionen hat

Fig. 75.

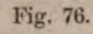


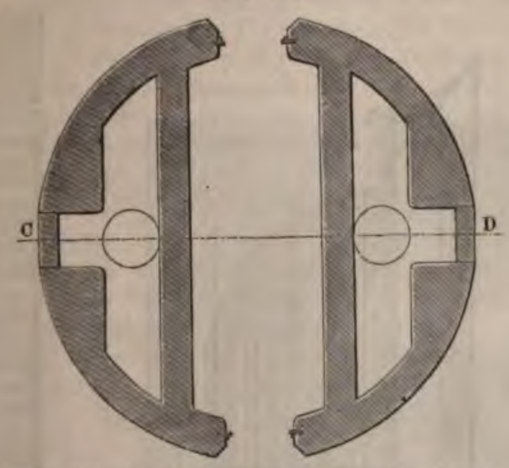
Runder Fusskasten-Apparat. Verticalschnitt nach Linie *CD* der Fig. 76.

dann runde oder ovale Oefen gewählt, so dass die Röhren den Raum welchem die heissen Gase der Feuerung aufwärts strömen, ringför umgeben. Ein solcher Ofen von runder Form ist in den Figuren 73 bi abgebildet. Dieser Ofen ist zu Highfields Foundry bei Bilston in ! Staffordshire errichtet.

Die Röhren sind paarweis gegossen und haben statt des Bogens horizontales Verbindungsstück, welches die Reibung natürlich nur mehren muss. Die schlechte Ausnutzung der Wärme, welche hier auf Hand liegt, regte Marten zu der Idee an, einen inneren Mauerkern zubringen, und er führte dies auch auf den Parkfield-Oefen bei Wol hampton bei einem oval angelegten Ofen aus. Dieser letzte Ofen

ross, hatte 36 Röhrenpaare mit 1350 □Fuss engl. = 1273 □Fuss . Heizfläche und gab 427° C. (800° F.) warmen Wind für sieben


Fig. 76.



Fusskasten-Apparat. Horizontalschnitt nach *GH* der Fig. 75.

en, ja 1858 wurde ein solcher von 40 Röhrenpaaren und 1500 □Fuss = 1415 □Fuss preuss. Heizfläche für sechs Formen errichtet. Doch ht auch Marten, dass er in Zukunft mehrere kleinere einem so en Ofen vorziehen werde [1]).

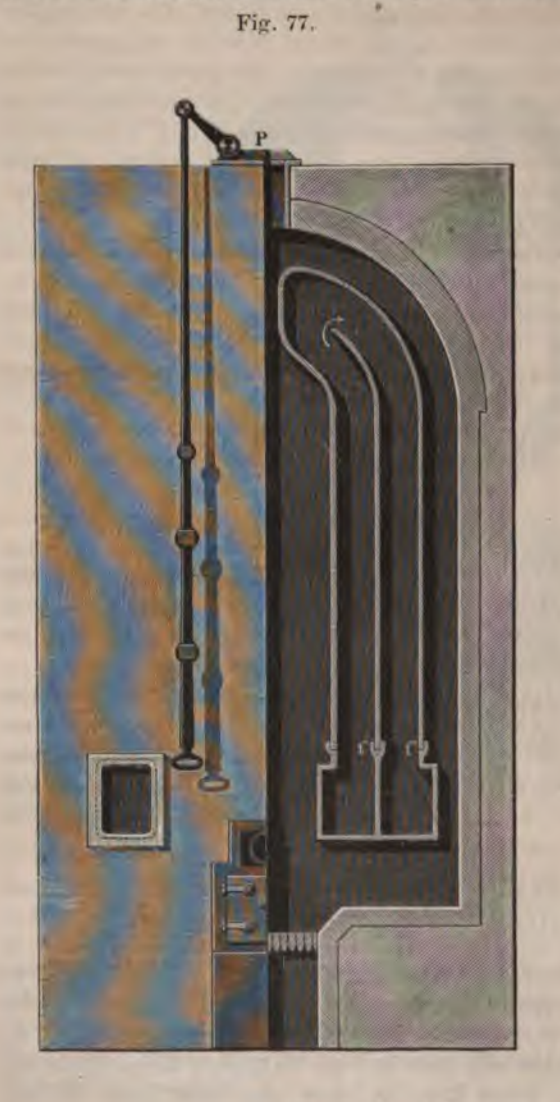
Mit den früheren Apparaten waren bei Anwendung der nicht backen-Kohle von Staffordshire für 20 Centner Roheisen 8 bis 10 Centner derlich, um den Wind auf 160° C. (320° F.) zu bringen, während lem grossen ovalen Ofen 5, auch $4^1/_2$ Centner genügten, um den Erzeugung von 20 Centner Roheisen erforderlichen Wind auf 427° C. ° F.) zu bringen.

Pistolenröhren-Apparate. An diese letzte Art von Oefen schliessen die Pistolenröhren-Apparate an [2]). Sie sind zuerst in Gartie in Schottland eingeführt und haben sich von dort auf viele sche und deutsche Werke verbreitet. Die Figuren 77 bis 79 (a. f. S.) n einen solchen Apparat dar. Man hat hier die Hosenröhren gleichin zwei Theile zerlegt, dadurch die schwache Stelle jener, den Verngsbogen, vermieden und doch ihre zur Erhitzung so geeignete Ge-Form beibehalten. Jedes Rohr ist durch eine nicht ganz bis zum

[1]) Percy verweilt, wie es scheint, mit grosser Vorliebe bei der Beschreibung Oefen und stellt ihre Wirkungsweise als *very satisfactory* dar. Sie mögen ücksicht auf ihre unvollkommene Construction sehr zufriedenstellend arbeiten, gewiss nicht im Vergleich mit anderen Apparaten. — [2]) Die erste Mittheiund Abbildung von denselben wurde durch den Bearbeiter in der Schles. enschrift 1860 Nr. 46 gegeben.

Kopfe reichende Scheidewand in zwei Hälften getheilt, in deren ein
der Wind aufsteigt, während er in der anderen herabkommt. In de

Fig. 77. Fig. 78.



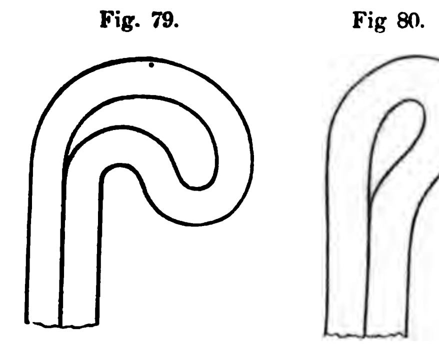
Pistolenröhren-Apparat.

hier dargestellten Apparat sind 16 Pistolenröhren (wegen ihrer äusse
Aehnlichkeit mit einer Pistole so genannt) auf jedem Horizontalrohr
Kästen aufgesetzt, welche wieder je zwei Abtheilungen bilden. In
der Windeinströmung (*A*) zunächst liegenden acht Röhren steigt der W

n der inneren Abtheilung (t) aufwärts und in der nach der Mauer zuliegenden Abtheilung (t') abwärts. Demgemäss ist der Fusskasten auch in zwei Abtheilungen durch eine Längswand geschieden. Aus der zweiten unter t', t' ... gelegenen Abtheilung strömt der Wind in die unmittelbar damit verbundene Abtheilung der Verlängerung des Fusskastens, welche unter $t'' t''$ ... liegt, steigt in den nach der Wand gelegenen Abtheilungen $t'' t''$... der folgenden acht Pistolenröhren aufwärts und in $t''' t'''$... wieder abwärts, wo er hinreichend erhitzt (aus B) entweicht und sich mit dem auf ganz entsprechende Weise durch die gegenüberliegende Röhrenreihe erwärmten Winde vereinigt.

Diese Apparate vermeiden, wie gesagt, vollständig den Uebelstand der Hosenröhren-Apparate, welcher durch Springen an dem Bogenstücke entsteht, sie haben ferner gegen die gewöhnlichen Fusskasten-Apparate mit senkrechten Röhren den Vorzug, die Wärme besser auszunutzen, und sie haben sich demgemäss auch ausgedehnten Eingang verschafft, ja auf vielen Werken die Hosenröhren-Apparate verdrängt.

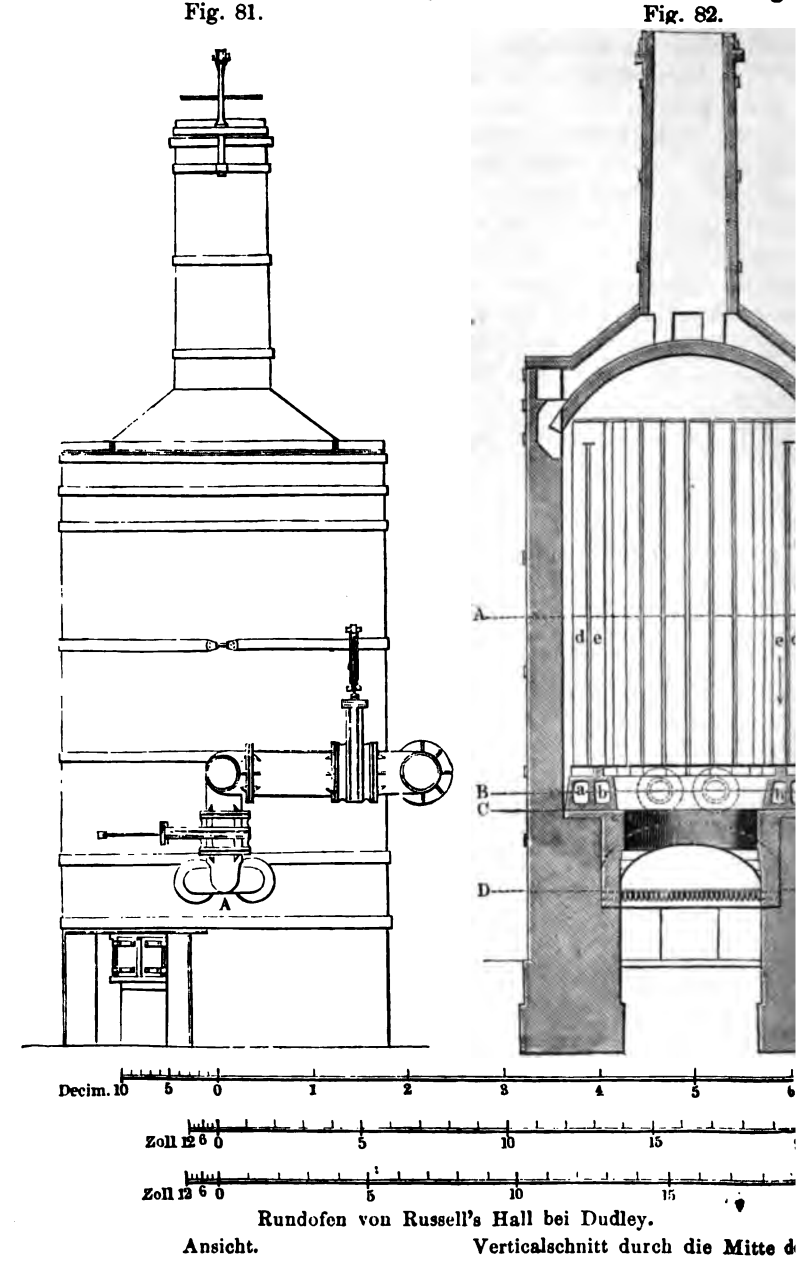
Die Pistolenröhren-Apparate haben aber dennoch einen Nachtheil; sie geben an den Köpfen der Röhren, wo der Wind plötzlich um 180° umbiegen muss, mehr Veranlassung zu bedeutender Reibung des Luftstromes als die Hosenröhren. Man hat diesen Uebelstand dadurch zu verbessern versucht, dass man dem Kopf der Röhren die Schleifenform der Fig. 79 oder der Fig. 80 gab, aber man hat dadurch eine so ungünstige Form hinsichtlich der Spannung des Gussstücks hervorgerufen, dass man kaum einen Vorzug gegen die Hosenröhren erlangt haben dürfte.


Fig. 79. Fig 80.

Rundöfen. Ein Mittelglied zwischen diesen Pistolenröhren-Apparaten und den runden Fusskasten-Apparaten bilden diejenigen runden Apparate, welche in der Art angeordnet sind, wie dies die Figuren 81 bis 88 (S. 112 u. 113) zeigen. Hier sind die beiden Röhrentheile zwar getrennt, wie bei den gewöhnlichen Fusskasten-Apparaten, aber die Stellung des ab- und aufsteigenden Zweiges gegen einander ist wie bei den Pistolenröhren-Apparaten, d. h. rechtwinklig zu den Ofenwandungen, nicht parallel zu denselben wie bei jenen. Der hier abgebildete Apparat ist zu Russell's Hall bei Dudley errichtet. Der gusseiserne Fusskasten ist in zwei halbkreisförmige Hauptabtheilungen (Fig. 87) getheilt, welche den beiden parallelen Hauptröhren des Pistolenröhren-Apparates ent-

sprechen. Der Wind strömt bei *A* (Fig. 81 und 87) ein, geht in die Abtheilungen *a* und *a'*, tritt durch die Zwillingsröhren auf- und abst nach *b* und *b'*, von dort durch jede zweite Hälfte der Zwillings

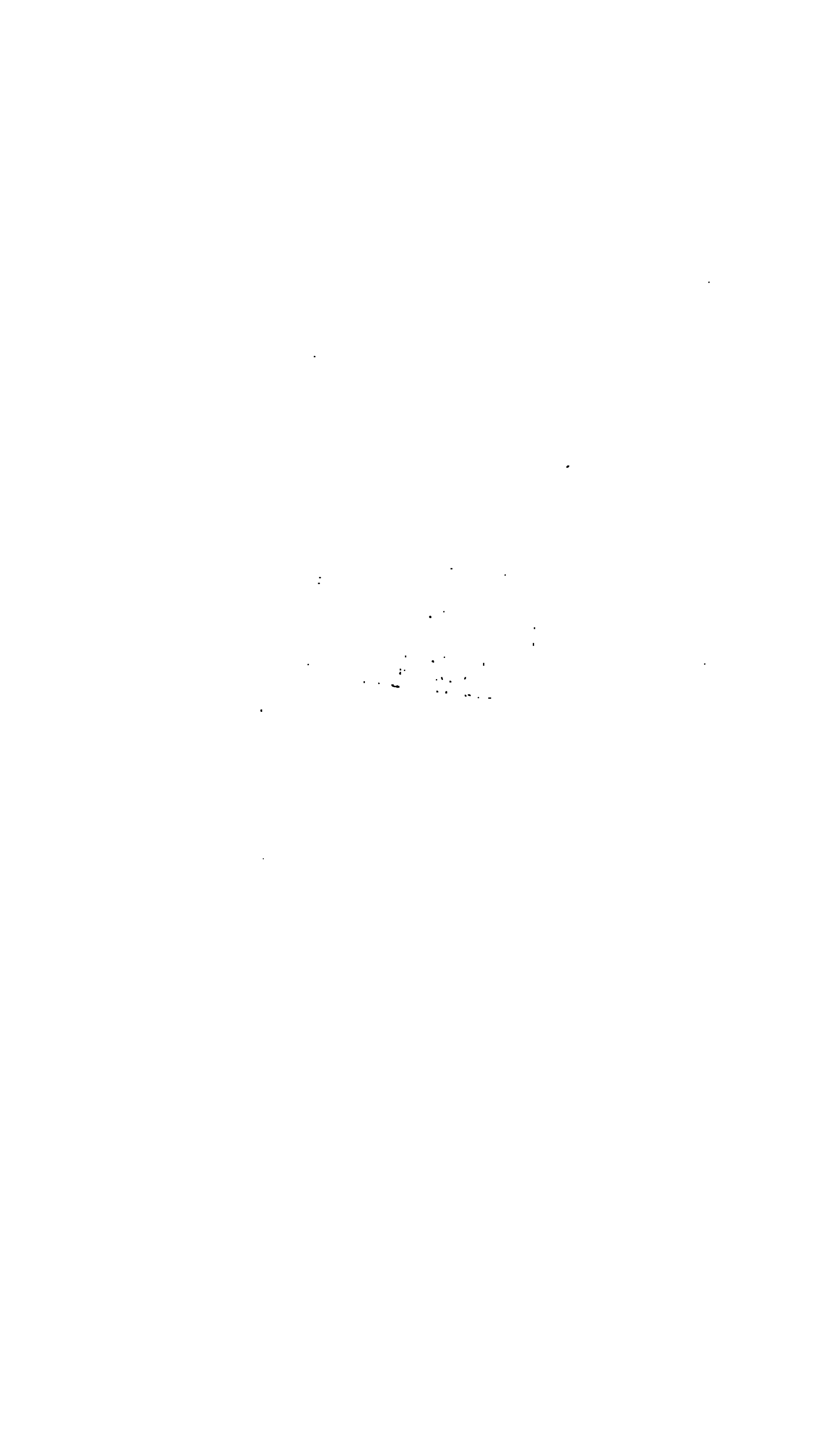
Fig. 81. Fig. 82.



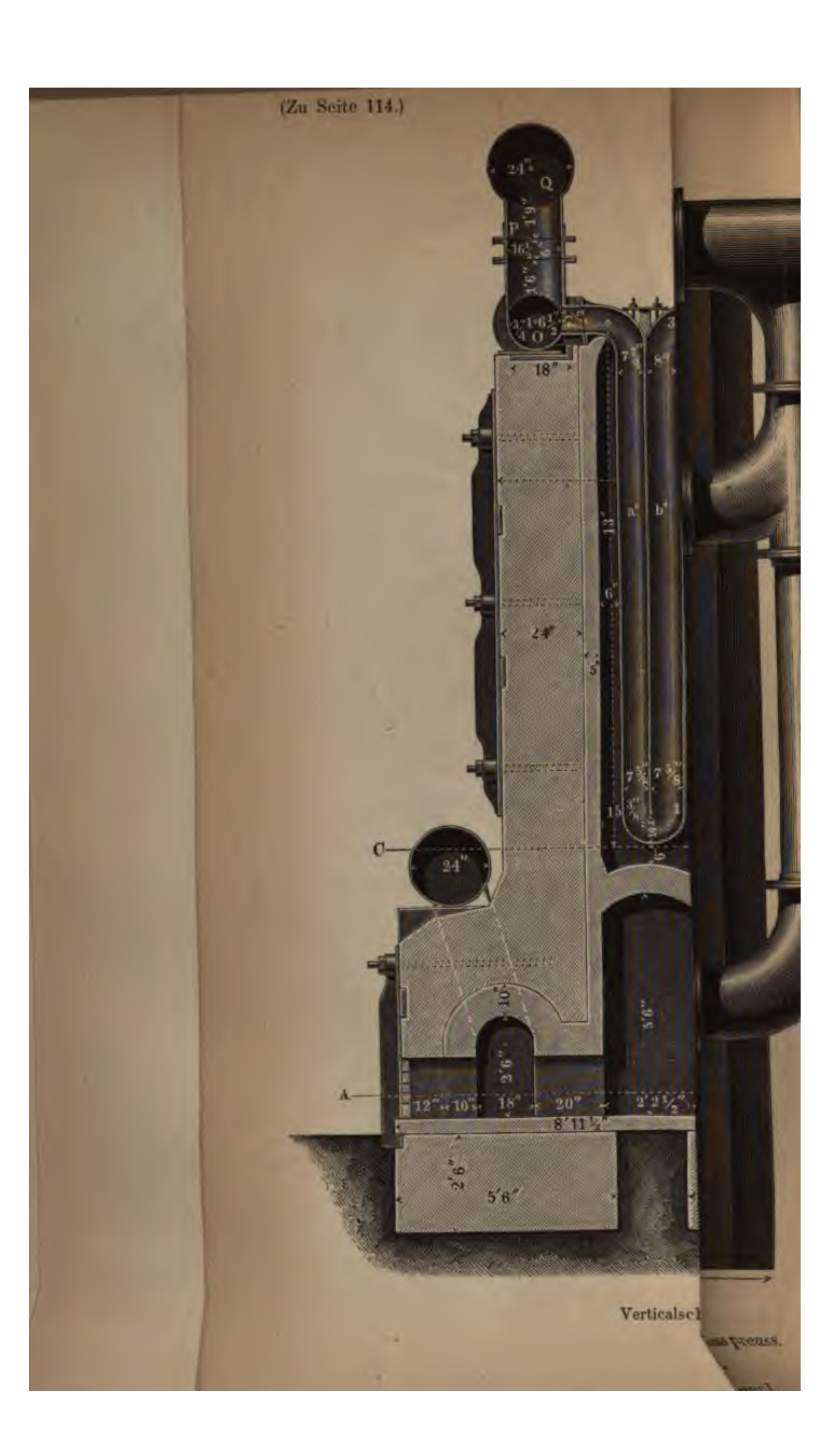
Rundofen von Russell's Hall bei Dudley.

Ansicht. Verticalschnitt durch die Mitte d





(Zu Seite 114.)

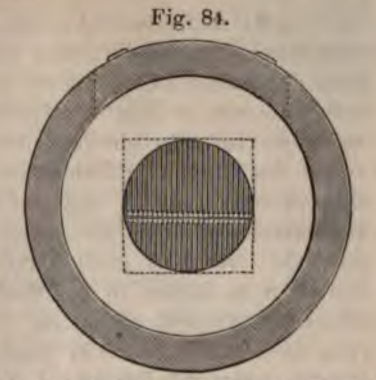


24"
Q
P
1'9"
16½
1'6"
O
18"
7½"
8"
a'
b'
13'
6"
24"
5"
7½
15
1
C
24"
10"
2'6"
3'6"
A
12"
10"
18"
20"
2'2½"
8'11½"
2'6"
5'6"
Verticalsch

Fig. 83.

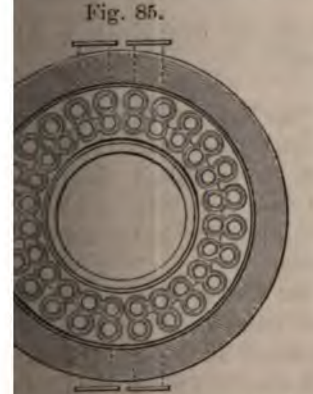
schnitt durch die Feuercanäle
heren Ende des Apparates.

Fig. 84.



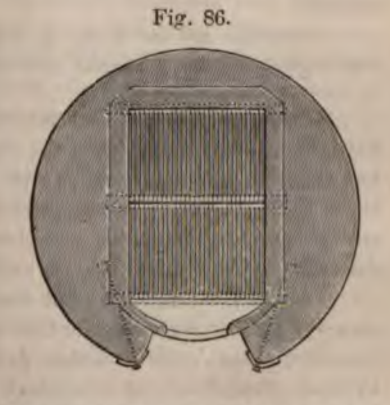
Horizontalschnitt nach *CC* der Fig. 82.

Fig. 85.



lschnitt nach *AA* der Fig. 82.

Fig. 86.



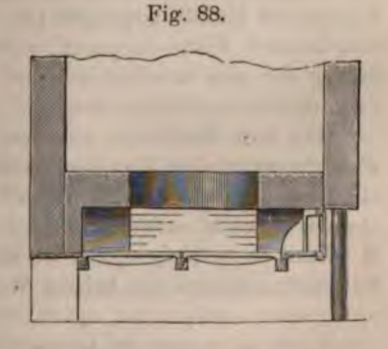
Horizontalschnitt nach *DD* der Fig. 82.

Fig. 87.



lschnitt nach *BB* der Fig. 82.

Fig. 88.



Verticalschnitt durch den Feuerraum
in der Richtung der Roststäbe.

Rundofen von Russell's Hall bei Dudley.

nach c und c' und entweicht erhitzt aus B. Der Rost ist beinahe quadratisch, aber derartig überwölbt, dass die Flamme nur durch ein kreisförmiges Loch entweichen kann, um die Röhren zu erhitzen. Damit die Flamme indessen nicht in dem von Röhren freien mittleren Centrum unwirksam aufsteige, hat man ein doppeltes Gewölbe angebracht (Fig. 82). Das untere hat rings am Rande des Ofengemäuers Oeffnungen, welche als Züge dienen (Fig. 83), und das obere ist in der Mitte mit einer kurzen Esse versehen. Die Dimensionen sind hinreichend aus den Figuren ersichtlich. Marten giebt als den Erfinder dieses Apparates Martin Baldwin zu Bilston in Süd-Staffordshire an, welcher 1851 den ersten derartigen Apparat errichtete. Dieser Apparat hat durch seine Zugführung die Mängel, welche er hinsichtlich der Wärmeausnutzung gegen den Pistolen-Apparat haben würde, ziemlich glücklich ausgeglichen, während die leichtere Anfertigung seiner geraden Röhren ihn minder kostspielig macht.

Natürlich ist die Reibung der Luft bei den vielen rechtwinkligen Umbiegungen ebenfalls sehr bedeutend.

Hängende Röhren-Apparate. Den Nachtheil einer geringen Dauerhaftigkeit im Knie, welchen die Zwillingsröhren dann bieten, wenn sie fest liegen, und den man durch die Beweglichkeit eines oder beider Hauptrohre zu vermeiden gesucht hat, beseitigte man bei kleineren Winderhitzungs-Apparaten für Frischfeuer und Cupoloöfen schon sehr früh dadurch, dass man die Röhren aufhing.

Erst in neuester Zeit hat man von diesem Principe auch für Hochofen-Winderhitzungsapparate Gebrauch gemacht.

Der erste Apparat dieser Art scheint auf Georg-Marien-Hütte in Preussen ausgeführt zu sein, doch ist über ihn nichts in die Oeffentlichkeit gelangt, als dass er nach dem Principe des Langen'schen Erzeugers überhitzten Dampfes aus doppelwandigen Röhren construirt sei.

Sodann wurde auf der Königshütte ein Apparat gebaut[1]), der in den Figuren 89 bis 92 dargestellt ist. Man sieht, es ist gewissermaassen ein umgekehrter Pistolenapparat, mit dem Unterschiede, dass nicht jeder Strang für sich arbeitet, sondern der Wind der Quere nach die beiden Zwillingsröhren durchströmt.

Der kalte Wind tritt von dem Hauptrohre Q durch die beiden Stutzen P in das unter dem Hauptrohre liegende Vertheilungsrohr O, um von da abwärts durch a', aufwärts durch b', dann durch das Verbindungsstück c, abwärts durch a, aufwärts durch b zu gehen und sich in dem Hauptrohre N wieder zu vereinigen, von wo er durch die beiden Zweige M nach dem Hauptleitungsrohre des heissen Windes N geht. Hier ist die Spannung

[1]) Derselbe ist nach der Idee des Bearbeiters dieses Werkes von dem Hüttenamt zu Königshütte ausgearbeitet und in einer für die Praxis zweckmässigen Weise construirt worden. Aus diesem Grunde findet man diese Gattung von Apparaten auch wohl nach dem Namen des Bearbeiters benannt.

den Röhren bei wechselnder Temperatur ganz aufgehoben. Sie können ch nach Belieben strecken und zusammenziehen, oder wenn in Folge es Gusses das Material ungleich vertheilt ist, sich biegen, wie sie wollen. uch sie gehören übrigens zu den Apparaten, welche ein Zwischenglied wischen den Zwillingsröhren- und Schlangenröhren-Apparaten bilden.

Sie theilen mit den Pistolenröhren-Apparaten unverkennbar den achtheil, dass der Wind sehr plötzlich eine Wendung von 180° machen nuss; indessen lässt sich dieser Nachtheil hier weit leichter als bei jenen pparaten durch Anwendung weiterer Röhren ausgleichen, wie das bei lem in Königshütte gebauten Apparate denn auch gelungen ist [1]). Er rhitzt für einen Ofen mit sechs Stück $3^1/_2$zölliger Düsen den Wind bis 350° R. ($437^1/_2$° C.) bei $3^1/_2$ bis 4 Pfund Pressung. Lässt man ihn für wei Oefen arbeiten, so erhält man bei 3 bis $3^1/_2$ Pfund Pressung bis auf 250° R. ($312^1/_2$° C.) erhitzten Wind. Im ersten Falle hat man bei dem Winde zwischen der vor dem Eintritt und nach dem Austritt herrschenden Pressung keinen Unterschied, also keinen Geschwindigkeitsverlust bemerkt. Der Ausdehnung der Luft durch die Erhitzung ist Rechnung getragen, indem die Röhren im Querschnitt sich von $7^5/_8$ Zoll auf $9^1/_8$ Zoll erweitern.

Einen Vortheil [2]) hat dieser Apparat offenbar gegen alle anderen Apparate dadurch, dass bei ihm das Auswechseln eines schadhaften Rohres ungemein erleichtert ist. Man kann ohne Schwierigkeit nach Lösung der Schrauben an den Flanschen *e* und *f* (Fig. 89) das Rohr *a b* herausheben und ein neues einsetzen, ohne den Apparat selbst kalt zu legen. Die Flanschen, deren Dichtung bei allen stehenden Apparaten so viel Schwierigkeit macht, sind hier zugleich der Wirkung des Feuers entzogen. Ein letzter Vortheil beruht endlich auf der Möglichkeit einer weit zweckmässigeren Ausnutzung der Wärme, als bei allen anderen Zwillingsröhren-Apparaten, ein Punkt, auf den wir nach Betrachtung der Schlangenröhren-Apparate zurückkommen werden. Dieser Apparat hat 1890 □Fuss feuerberührte Fläche und der Weg des Windes, soweit die Erwärmung stattfindet, ist 58 Fuss lang.

Auch in Frankreich hat man auf einem Hüttenwerke an der Mosel einen Apparat mit hängenden Röhren construirt, welcher den Hosenröhren-Apparaten entspricht, wie der zuletzt beschriebene den Pistolenröhren-Apparaten. Er besitzt zwei Abtheilungen und in jeder hängt eine Reihe von Hosenröhren. Aber die hier nach oben gekehrten Schenkel derselben sind nicht wie bei den stehenden Hosenröhren-Apparaten durch wei horizontale Hauptröhren verbunden, sondern der rechte Schenkel es ersten Paares ist mit dem rechten Schenkel des zweiten, der linke es zweiten mit dem linken des dritten Paares durch Bogenstücke verbunden u. s. w., so dass also der Apparat beinahe ganz der folgenden

[1]) In der Zeit, wo dies niedergeschrieben wurde, war der Apparat bereits 2 Wochen ohne Störung in ununterbrochenem Betriebe und ein zweiter im Bau.

[2]) Und dieser war es, der den Bearbeiter auf die Idee brachte.

Gruppe von Winderhitzungsvorrichtungen angehört. Es sind hier drei kürzere, der Feuerung zunächst liegende, und zwölf längere Paare von 2,28 Meter (7,26 Fuss) Länge in jeder der beiden Abtheilungen angeordnet. 30 Cubikmeter (970 Cubikfuss) Luft von atmosphärischem Druck werden bei einer Heizfläche von 38 Quadratmeter (386 □Fuss) auf 150 bis 200° C. erhitzt [1]).

Ringröhren-Apparate. Um die Röhren, in welchen der Wind erhitzt werden soll, mit einem zu ihrem Inhalte möglichst grossen Umfang zu versehen, hat man auch versucht, ihnen statt eines kreisförmigen oder elliptischen Querschnitts einen ringförmigen zu geben, und hat dann den inneren Raum dieser Röhren entweder gar nicht zur Erhitzung benutzt, oder denselben gleichfalls von den Feuergasen durchziehen lassen. Den ersteren Fall veranschaulicht Fig. 93 [2]), welche einen früher benutzten, jetzt aber ausser Gebrauch gestellten Apparat der Ilsenburger Hütte darstellt. Die Unzugänglichkeit des inneren Rohres wird in allen diesen Fällen den Apparat zu complicirt machen, um ihm praktische Brauchbarkeit zusprechen zu können. Wir werden der Anwendung dieses Principes übrigens bei den Apparaten mit liegenden Röhren häufiger begegnen.

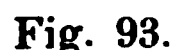
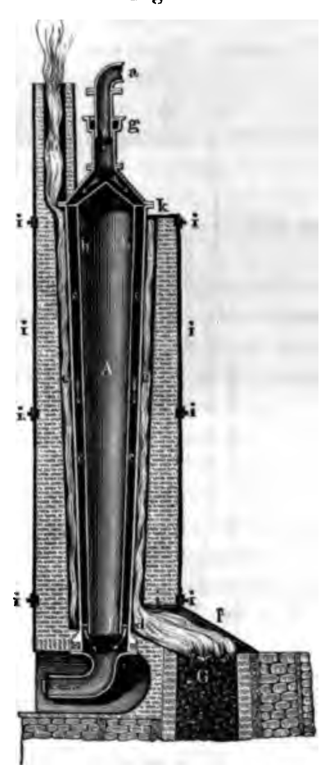


Fig. 93.



Ringröhren-Apparat.

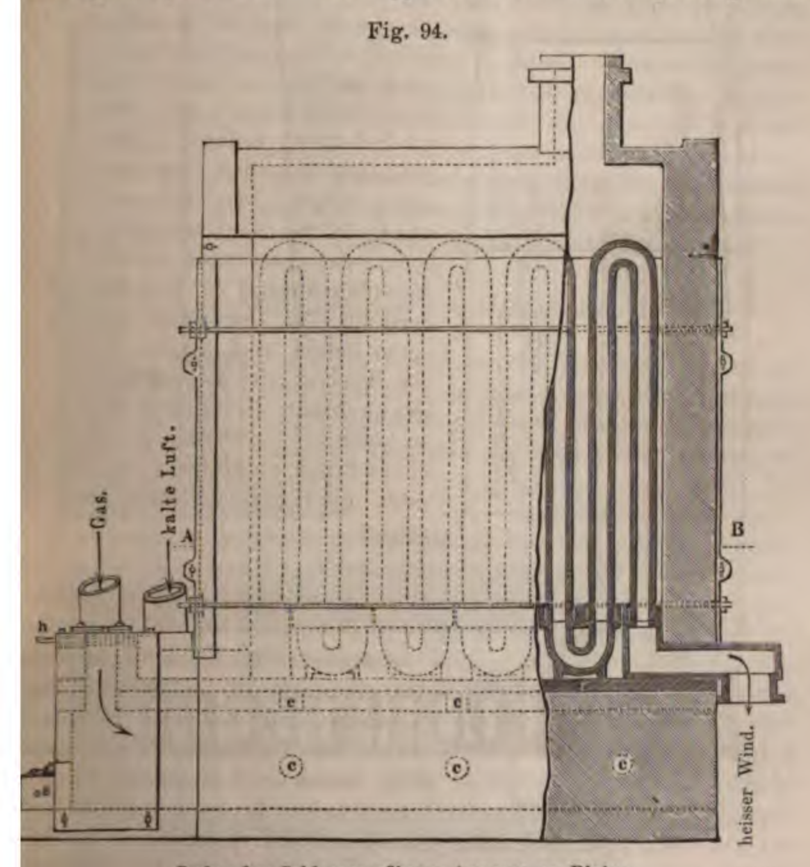
β. Schlangenröhren-Apparate.

Stehender Wasseralfinger Apparat. Die einfachste Art von Schlangenröhren-Apparaten mit stehenden Röhren wird durch die Verbindung einer grösseren Zahl verticaler Rohrstücke durch halbkreisförmige Knie in der Weise hergestellt, dass abwechselnd die unteren und oberen Enden zweier benachbarten Röhren communiciren. Es entsteht dann eine Combination von hängenden und stehenden Hosenröhren. Allerdings wird auf diese Weise die bei allen Pistolenröhren- und den Fusskästen-Apparaten stattfindende Reibung des Luftstromes durch plötzliches Umbiegen desselben um 180° vermieden. Da aber das Auflager in solchen Fällen sehr schwierig herzustellen

[1]) Jordan, Cours de Métallurgie. Pl. XX. — [2]) Scheerer, Metall. Bd. II.

hat man diese Construction für grössere Apparate nur selten zur Ausfüh-
ng gebracht. Sie könnten als stehende Wasseralfinger Apparate
zeichnet werden. Ein solcher Apparat ist in den Figuren 94 bis 97
gebildet. Er ist auf den Blaina-Eisenwerken in Süd-Wales von dem
genieur Levick errichtet. In einer rechteckigen gemauerten Kammer
det sich eine niedrige Theilungswand (*b*, Figur 96), eine der so
bildeten Abtheilungen ist überwölbt und in dem Gewölbe sowohl
in der Theilungswand befinden sich Einströmungsöffnungen für die
amme *ee* und *cc*. Man hat hier nur eine Reihe Schlangenröhren mit
hteckigem Querschnitt. Der Apparat wird mit Gichtgasen geheizt.

Fig. 94.



Stehender Schlangenröhren-Apparat zu Blaina.

e Oeffnungen in der Thür *g*, welche durch einen Schieber verschliessbar
d, dienen zur Regulirung des Luftzutritts für Verbrennung der Gicht-
se, während das Schieberventil *h* den Gaszutritt regelt; auf dem Roste
limmt zur steten Inbrandhaltung der Gase ein kleines Feuer.



Fig. 95.

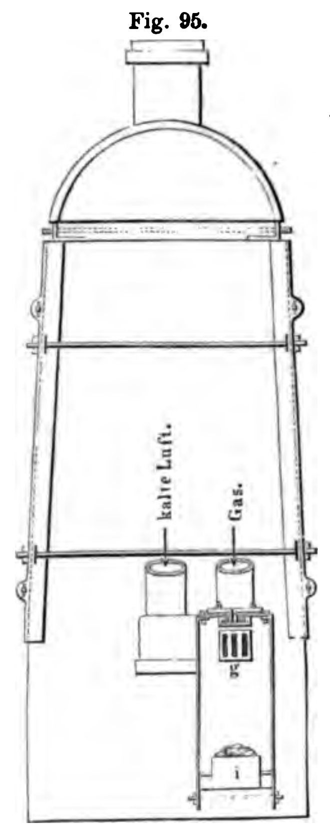


Fig. 96.

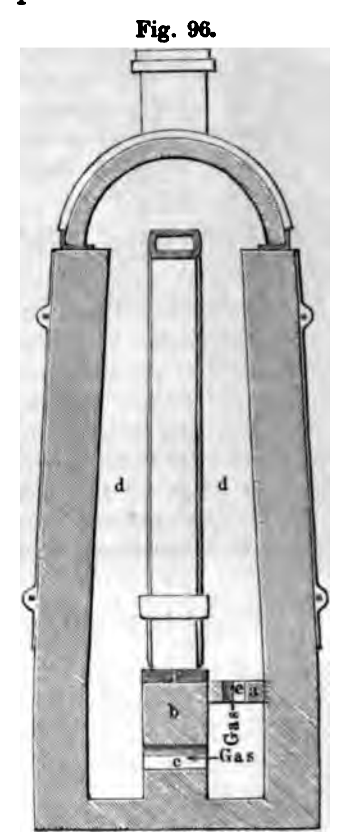
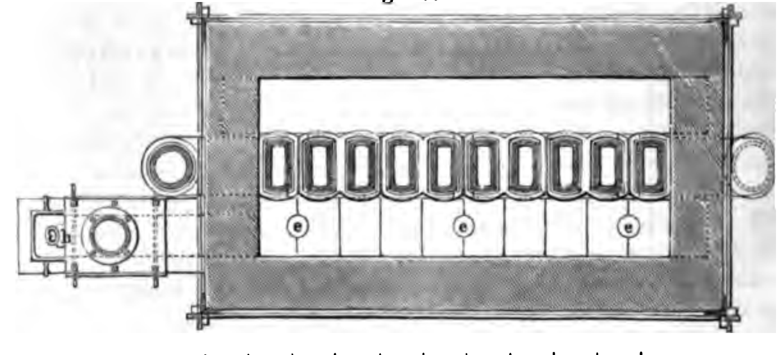
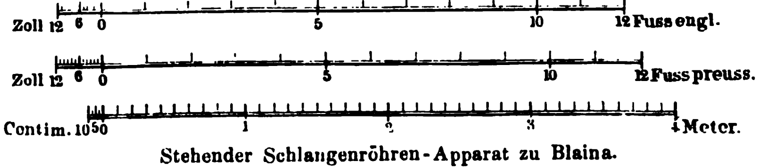


Fig. 97.





Stehender Schlangenröhren-Apparat zu Blaina.

Horizontaler Pfropfenzieher-Apparat. Eine zweite Art hierher gehöriger Apparate findet man ausschliesslich auf einigen englischen Werken [1]), es ist der sogenannte horizontale Pfropfenzieher-Apparat (*horizontal Cork-screw-apparatus* oder *horizontal Spiral-pipe oven*). Auch er gehört zu den Schlangenröhren-Apparaten. Der Wind bewegt sich in einer Spirale. Halbkreisförmige Röhrenstücke sind mit Muffenverbindung so ineinander gefügt, dass sie eine fortlaufende Spirale mit horizontaler Axe bilden. Es ist also gewissermaassen der Fusskasten der früher beschriebenen Apparate in ein Bogenstück umgeformt. Der einzige Vortheil dieser Einrichtung ist, dass der Wind keine plötzlichen Wendungen zu machen und daher nur geringe Reibungsverluste zu erleiden hat; aber dem gegenüber stehen zwei Nachtheile: erstens der grosse Raum, den ein solcher Apparat fortnimmt, und zweitens die äusserst ungünstige Lage der Dichtungsstellen, welche alle dem directen Feuer ausgesetzt sind und das Auswechseln eines Rohres sehr erschweren. Das spiralförmige Rohr pflegt auf zwei gemauerten rippenartigen Bänken, zwischen denen die Flamme aufsteigt, aufgelagert zu sein. Zwischen den einzelnen Windungen ist hinreichender Raum für die Verbrennungsproducte.

b. Winderhitzungs-Apparate mit liegenden Röhren.

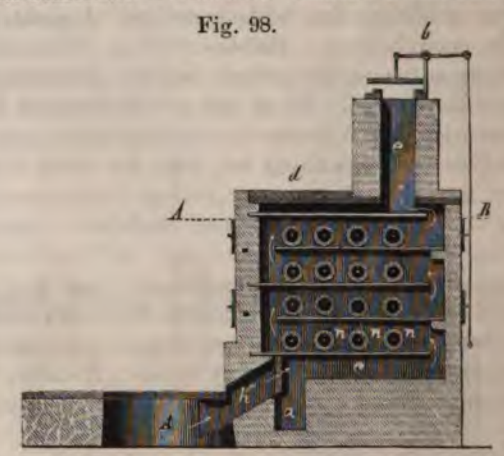
Während bei den Apparaten mit stehenden Röhren das System der Zwillingsröhren vorherrschend ist, findet sich unter den Apparaten mit liegenden Röhren, d. h. bei solchen, deren Erhitzungsröhren horizontale Richtung haben, am häufigsten das Princip der Schlangenröhren vertreten.

Wasseralfinger Apparat. Der älteste hierhin gehörige Apparat wurde in Wasseralfingen in Würtemberg construirt und führt wie alle ähnlichen Vorrichtungen darnach den Namen Wasseralfinger Apparat. Derselbe ist in den Figuren 98 bis 100 (a. f. S.) abgebildet. Er besteht aus 16 horizontal und parallel liegenden Röhren (*nn*) von 6,8 Zoll Durchmesser im Lichten. Die Röhren liegen in vier Etagen und die einzelnen Etagen sind durch gusseiserne Platten, welche der Flamme einen mäanderartigen Weg vorschreiben, getrennt. Die Flamme kommt von der Gicht *A* des Hochofens durch den Fuchs *K*, tritt nach *c* und windet sich, wie die Pfeile in Fig. 98 es zeigen, nach der kleinen Esse *c* durch den Apparat. Je zwei Röhren sind durch Kniestücke mit einander verbunden. Der kalte Wind tritt in die am meisten rechts gelegene Röhre der obersten Etage ein, durchläuft nach einander die vier Röhren derselben Etage, geht dann aus der am meisten links gelegenen Röhre in die darunter befindliche der zweiten Etage u. s. f., bis er endlich aus der am meisten rechts gelegenen Röhre der untersten Etage austritt. Die Dichtungs-

[1]) Z. B. Ebbw Vale und Dowlais in Süd-Wales.

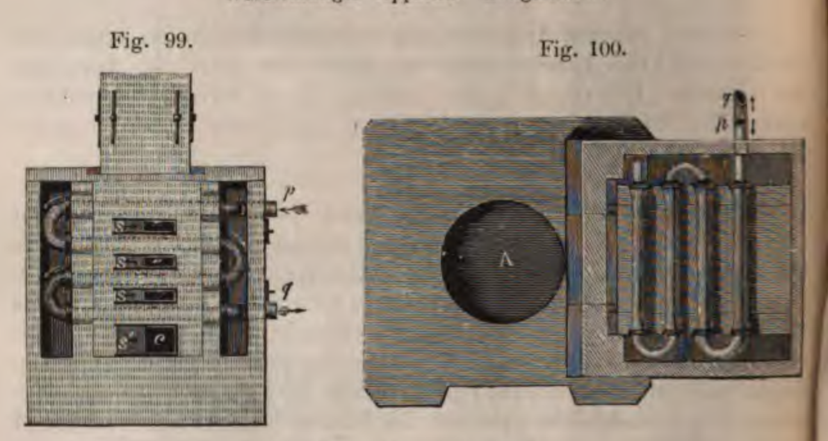
stellen (Muffenverbindungen) liegen ausserhalb des durch zwei Wände (Fig. 99) abgeschlossenen geheizten Raumes, sind indessen, um Wärmeausstrahlung zu verhindern, gleichfalls von Mauerwerk umgeben, liegen also in einer als schlechter Wärmeleiter dienenden Luftschicht.

Fig. 98.



Wasseralfinger Apparat. Längsschnitt.

Fig. 99. Fig. 100.



Wasseralfinger Apparat.

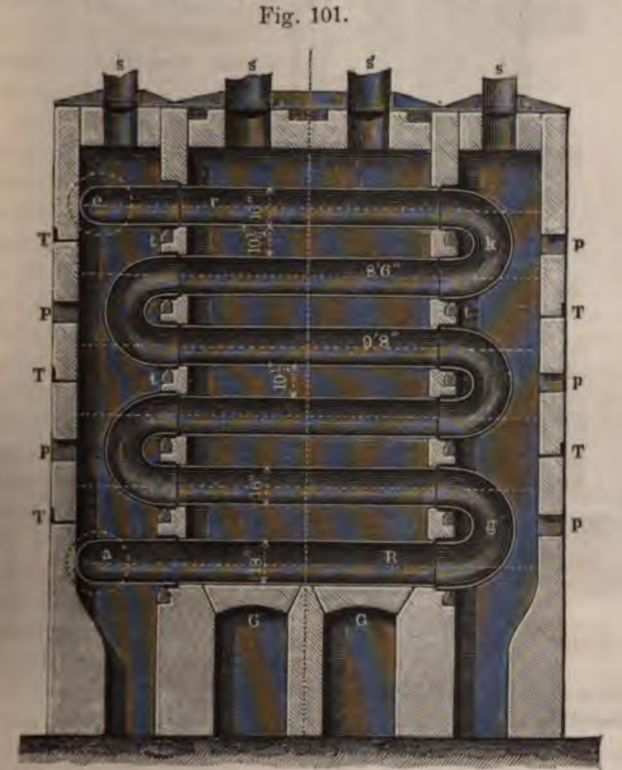
Hinteransicht. Querschnitt nach *A B*.

Westphälischer Apparat. Obschon bei dem Wasseralfinger Apparate durch die bogenförmigen Verbindungsstücke dem Winde keine plötzlichen Wendungen zugemuthet wurden, so konnte doch ein solcher Apparat bei einem grossen Windverbrauche nicht genügen, denn da der Wind nur einen einzigen Röhrenstrang zu durchlaufen hat, so müsste dieser die Weite der Windleitung überhaupt haben und würde bei grossen Windmengen einen zu seinem Umfange sehr bedeutenden Querschnitt erhalten.

rennte daher den Wind und führte ihn durch mehrere, gewöhnlich Röhrenstränge oder Schlangen. So entstand der neuere Wasserger oder Westphälische Winderhitzungs-Apparat, welcher, in Westphalen allgemeine Anwendung findend, sich bald nach ien und anderen Gegenden verbreitete und an vielen Orten Hosenistolenröhren-Apparate verdrängte.

n den Figuren 101 bis 103 ist ein solcher westphälischer Apparat tellt, welcher in dieser Form zuerst vom Director Langen consein soll und daher häufig auch als Langen'scher Apparat beet wird. Der kalte Wind tritt durch das Hauptrohr c ein, vertheilt

Fig. 101.



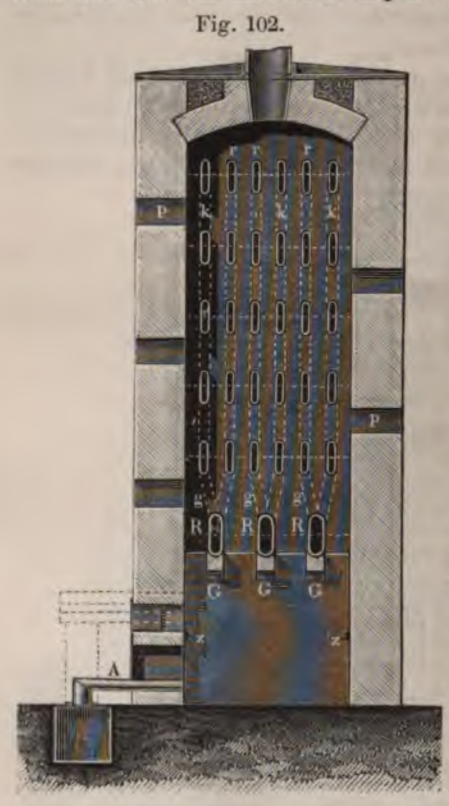
Westphälischer Apparat. Längsdurchschnitt.

ann in die sechs Röhren r, aus deren jeder er durch ein halbkreises Verbindungsstück in das darunter liegende Rohr tritt. Nachdem Windtheilchen so in fünf Röhren den Erhitzungsraum durchlaufen ird der Inhalt von je zwei Röhren durch ein gabelförmiges Krümstück g in ein Rohr von doppeltem Querschnitt R geführt, so ie unterste Etage nur drei Röhren enthält, aus denen die Luft

erhitzt in ein gemeinschaftliches, zu der Form führendes Leitungsr
gelangt.

Die dreissig oberen Röhren haben 4 Zoll lichte Breite, 16 Zoll
Höhe und sind von annähernd elliptischem oder besser oblongem, obe
unten abgerundetem Quers
Die drei untersten Röhren
$6\frac{1}{2}$ und 18 Zoll lichte
Die Wandstärke nimmt vo
ten nach oben zu ab; die ur
Lage hat $\frac{5}{4}$ Zoll, die fo
1 Zoll und die oberste ^{3}
Eisendicke. *G* ist ein G
aus feuerfesten Steinen
Schutz der untersten Röhr
gen die Stichflamme. Di
nungen *p* dienen zum Re
der Röhren von daraufgef
Asche oder etwa angesch
ner Schlacke. *z z* sind
eines Rostes, welche zur
ten Feuerung benutzt w
können oder zur Unterh
eines Entzündungsfeuers f
durch *B A* eintretenden
ofengase. Auch hier lieg
geraden Röhren in einem
derten Heizraume, ihre n
förmigen Enden werden
eisernen Trägern *t* unter
welche eine Beschädigung
Mauerwerkes beim Auswe
eines Rohres verhindern

Fig. 102.



Westphälischer Apparat. Querdurchschnitt.

Die Heizfläche des abg
ten Apparates beträgt 1230 □Fuss, wovon $\frac{2}{3}$ auf die geraden R
der Mittelabtheilung, der Rest auf die Krümmlinge und sonstig
Feuer berührte Theile der Seitenabtheilungen kommen [1]).

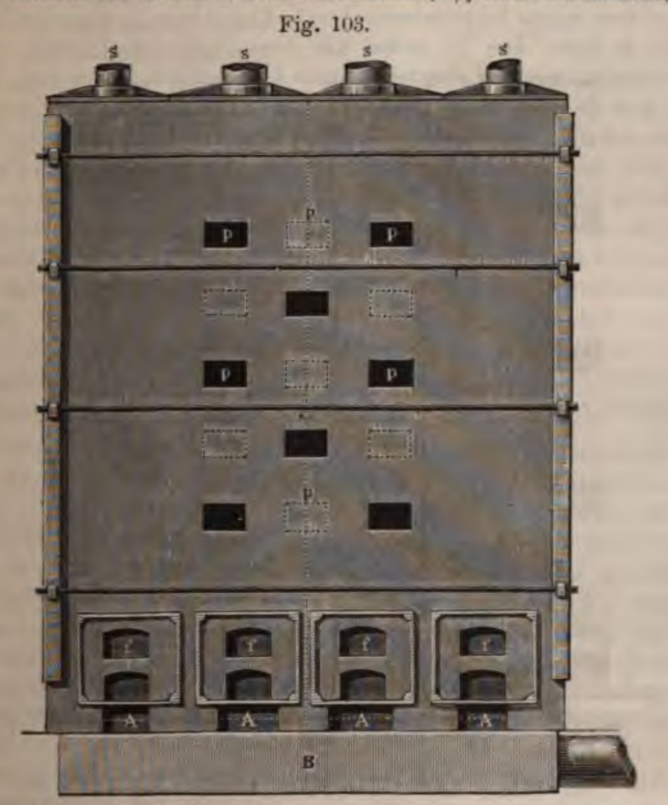
Der Gesammtquerschnitt für je sechs Röhren der oberen Reih
$2\frac{1}{2}$ □Fuss, der drei Röhren in der unteren Reihe $2\frac{1}{4}$ □Fuss. S
liche Röhren wiegen zusammen circa 60,000 Pfd. Der Apparat
aus, um den für einen Hochofen mit täglicher Production von 50,00
Roheisen erforderlichen Wind auf 300° zu erhitzen.

---

[1]) Die Heizfläche vergrössert sich bei der häufig angewendeten Ano
einer sechsten Reihe um 214 □Fuss. Sie ist nach der inneren Seite der
gerechnet mit Ausschluss der aufruhenden Theile. Beilage zum Berggeist Nr. 3

Häufig wendet man auch runde Röhren an. Im „Berggeist“ [1]) ist
lerartiger beschrieben, welcher neun Reihen Röhren über einander
jedesmal vier Röhren neben einander, also zusammen sechsunddreissig
ren enthält. Sie haben 8 Zoll Durchmesser, $^3/_4$ Zoll Wandstärke, sind

Fig. 103.



Westphälischer Apparat. Seitenansicht.

Fuss ohne Muffen lang. Die Muffen haben 6 Zoll Länge. Die Axen
Röhren liegen $14^1/_2$ Zoll von einander entfernt, so dass zwischen
Röhren 5 Zoll Zwischenraum bleibt.

Die Röhren liegen in jeder einzelnen Lage 4 Zoll versetzt gegen
olgende, um so bei dem gebrochenen Wege, den die Flamme nehmen
, einen besseren Effect der Erhitzung zu erreichen. Der Apparat
n den sechsunddreissig geraden Röhren 338 □Fuss Heizfläche, die
ımlinge liegen frei und werden nicht geheizt. Eine solche Anord-
hat den Vortheil der leichteren Auswechselung gegen die vorige,
velcher auch die Krümmlinge geheizt werden.

) Op. cit. Nro. 28 Beilage 1867

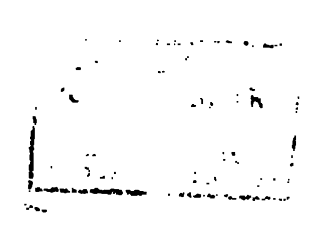
Den Vortheil, welchen die runden und gegen einander versetzten Röhren bieten, weil sie die Wärme des aufsteigenden Feuerstroms, dem sie grösseren Widerstand entgegensetzen, besser ausnutzen, hat man auch dadurch zu erreichen versucht, dass man elliptische Röhren anwendete, wie bei dem zuerst beschriebenen westphälischen Apparat, aber diese Röhren so legte, dass die grosse Axe ihres elliptischen Querschnitts statt der verticalen Stellung eine horizontale Lage erhielt. Man fand indessen bald, dass der Nachtheil, welcher allen Apparaten mit horizontalen Röhren anhaftet, solchen flachliegenden elliptischen Röhren besonders zur Last fällt, ein Nachtheil, der darin besteht, dass sich Asche und Flugstaub auf die einzelnen Röhren legten und als schlechte Wärmeleiter von dieser Seite jede Erhitzung verhindern. Bei höheren Hitzegraden und längeren Röhren tritt auch noch ein gleichfalls allen Apparaten mit horizontalen Röhren gemeinschaftlicher Fehler bedeutender hervor, darin sich äussernd, dass sich die Röhren wegen ihres Gewichtes nach unten biegen, in Folge dessen leicht reissen und an ihren Muffen undicht werden. Es ist klar, dass dieser Fehler bei den Apparaten mit runden Röhren weniger, bei elliptischen mit senkrechter grosser Axe am wenigsten ins Gewicht fällt.

Horizontale Korkzieher-Apparate. Wie man aus den Schlangenröhren-Apparaten mit verticalen Röhren die horizontalen Spiralen bildete, um die Reibung möglichst zu vermindern, so wendete man in England (Süd-Wales) dasselbe Princip auch auf die Apparate mit horizontalen Röhren an und construirte die verticalen Korkzieher-Apparate (*vertical cork-screw-apparatus* oder *vertical spiral-pipe-oven*), bei denen also aus halbkreisförmigen mit Muffen versehenen Röhren eine Spirale mit verticaler Axe gebildet ist. Die Nachtheile des ähnlichen bereits beschriebenen Apparates mit horizontaler Axe treten hier ebenfalls auf und so hat sich dieser Apparat wie jener keine allgemeine Verbreitung verschaffen können.

Auf einzelnen Werken in Schlesien (z. B. Malapane und Creutzburgerhütte) hatte man bei Einführung des Betriebes mit erhitzter Gebläseluft dasselbe Princip der verticalen Spirale angewendet, aber die Röhren nicht durch besondere Feuerung erhitzt, sondern die strahlende Wärme des Hochofenkernschachtes hierzu benutzt. Die Röhren wurden theils in der Nähe der Gicht, theils sogar in $^2/_3$ der Höhe des Ofens zwischen Kernschacht und Rauhgemäuer eingebaut und bestanden in zwei oder drei Umgängen. Die schwierige Zugänglichkeit bei Reparaturen konnte derartigen Apparaten keinen Bestand sichern.

Ringröhren-Apparate. Schliesslich ist die Anordnung, welche wir bei verticalen Röhren gleichfalls schon kennen gelernt hatten, die Vertheilung des Windes in eine ringförmige Schicht, zuweilen für horizontale Röhren angewendet worden.

Merbach theilt zwei derartige Constructionen mit. Percy bezeichnet sie als *Pipe-within-pipe oven*. Der Ausdruck Ringröhren-Apparat





-fte das Wesen bezeichnen. Die Figuren 104 bis 106 zeigen diesen Appa- , wie er zu Gröditz construirt worden ist. Die Röhren sind hier in i Lagen zu je drei Stück angeordnet. Sie bestehen aus zwei concen- chen Theilen, in deren inneren oder kleineren Abtheilung die Flamme ulirt, während in der äusseren ringförmigen Abtheilung die Luft ab- ts streicht. Vom Roste M steigt die Flamme zunächst nach dem en Ende der untersten Röhrenlage, tritt hier bei r in die drei Röhren er Lage ein, durchströmt sie, steigt durch die Oeffnung r' in die ite Etage u. s. f., bis sie oben durch den Fuchs N in den Schornstein elangt, der mit dem Schieber P versehen ist. Die Asche lässt sich h die Räumlöcher q entfernen. Die Luft dagegen tritt bei m in den rat, senkt sich durch n in die oberste Röhrenlage, deren einzelne ke durch die mit den ringförmigen Räumen communicirenden An- e C verbunden sind und nimmt den durch Pfeile angedeuteten Weg, durch eine verticale Communicationsröhre o' in die zweite Röhren- u. s. f. und entweicht erhitzt schliesslich durch p aus dem Apparate.

Eine andere Anordnung hatte man zu Codnor-Park gewählt. Hier ken auch zwei concentrische Röhren in einander, aber sie dienen nur u, die Luft länger im Erhitzungsraume verweilen zu machen. Die t strömt im inneren Theile hin und im ringförmigen äusseren zurück. ist der Apparat daher als ein Zwillingsröhren-Apparat mit horizon- n Röhren zu betrachten, nur dass die beiden Zwillingsröhren hier ht neben einander, sondern in einander liegen.

Die schwierige Reparatur aller derartig construirten Apparate hat e weitere Verbreitung derselben verhindert.

Allgemeine Regeln für die Errichtung der Röhren-apparate.

Es sind freilich durch die geschilderten Vorrichtungen bei Weitem icht alle in der Praxis angewendeten Combinationen der Winderhitzungs- pparate mit eisernen Röhren erschöpft. Man kann so viel Variationen nden, als Eisenhütten bestehen.

Nachdem wir indessen die wichtigsten Arten in ihrer Anordnung ennen gelernt und bereits bei Schilderung der einzelnen auf ihre Vor- üge und Nachtheile hingewiesen haben, sollen noch die allgemeinen Re- geln, nach welchen man bei Anlage eines solchen Erhitzungs-Apparates zu verfahren hat, näher beleuchtet werden.

Brennmaterial. Zur Erhitzung des Windes in eisernen Röhren ann naturgemäss zwar jedes Brennmaterial verwendet werden, es wird ndessen, da die Erhitzung durch die Verbrennungsproducte in einem rösseren Raume geschehen soll, zweckmässig nur flammendes Brenn-

material zu benutzen sein. Entweder heizt man daher mit Holz, Braunkohlen und Steinkohlen, oder mit Gasen des Hochofens oder der Koksöfen; vorgeschlagen ist auch die Benutzung der Hitze von Hochofenschlacken.

Wenn man festes Brennmaterial gebraucht, so wählt man am liebsten dasjenige aus, welches zu anderen hüttenmännischen Zwecken, vorzüglich aber zum Betriebe des Hochofens selbst wenig oder gar nicht anwendbar ist, namentlich Kleinkohlen, welche oft als ein nur zur Dampfkesselfeuerung brauchbares Material dann fast werthlos sind, wenn sie von mageren Kohlen herstammend nicht verkokt werden können.

Die Hochofengase benutzt man entweder nach ihrer freiwilligen Entzündung an der Gicht direct als Flamme, oder man leitet sie unentzündet zu den Apparaten und verbrennt sie erst dort durch Zuleitung von Luft.

Die Einrichtung der Feuerung muss in allen drei Fällen wesentlich verschieden sein.

Feste Brennmaterialien verbrennt man auf Rosten. Aus je kleineren Stücken die ersteren bestehen, um so schwieriger ist die zweckmässige Anlage der letzteren. Treppen- und Etagenroste empfehlen sich in diesem Falle am meisten. Je kurzflammiger die benutzten Steinkohlen sind, um so niedriger muss der Apparat eingerichtet werden. Gasgeneratoren würden hier oft an ihrer Stelle sein.

Bei Benutzung der Gichtflamme ist durch richtig angeordnete Essen eine gleichförmige Vertheilung derselben in dem direct an oder über der Gicht stehenden Apparate zu bewirken. Es finden sich solche Einrichtungen nur bei Holzkohlenöfen.

Das Gebräuchlichste und unbedingt Rationellere ist die Benutzung der Gichtgase dann, wenn deren Quantität ausreicht. Man pflegt nämlich da, wo die Gebläsemaschinen mit Dampf betrieben werden, die Gichtgase in erster Stelle zur Kesselheizung, und erst in zweiter Stelle für die Winderhitzungs-Apparate zu benutzen. Da die geleistete Arbeit in beiden Fällen demselben Zwecke zu gute kommt, so würde es theoretisch gleichbedeutend sein, ob die Gichtgase in der einen oder anderen Weise verwandt werden; in der Praxis aber stellt sich die Sachlage anders. Der Bedarf an Wind, also auch der Gang der Maschine, hängt, wie später gezeigt werden wird, mit der Menge der erzeugten Gichtgase eng zusammen; nicht so verhält es sich mit der Temperatur des Windes. Wenn der Ofen durch bestimmte Verhältnisse zu stark abgekühlt wird, so ist ein gutes Gegenmittel, ja oft die einzige Rettung in einem stark erhitzten Winde zu finden, aber gerade dann fehlen die zur Erhitzung nöthigen Gichtgase. Man hat aus diesem Grunde auf einigen Hüttenwerken (z. B. der Mathildenhütte bei Harzburg) ganz von der Benutzung der Gichtgase zum Erhitzen des Windes Abstand genommen und statt dessen die Gase der Koksöfen benutzt.

Jedenfalls sollte man nie versäumen, bei den durch Gichtgase erhitzten Apparaten eine hinreichende Reservefeuerung für Steinkohlen anzubringen. Die Gichtgase geben bei ihrer vollständigen Verbrennung ei-

ehr lange Flamme. Man kann daher den Erhitzungsröhren, wenn sie senk- echt stehen, eine grosse Länge geben, oder wenn sie horizontal liegen, iele derselben übereinander anbringen. Hierbei ist die richtige Luft- uführung sehr wesentlich für eine gute Ausnutzung dieses Brennmaterials. Ian kann in Süd-Wales auf sonst gut geleiteten Werken abschreckende Beispiele von Verschwendung in dieser Richtung sehen, Apparate, bei de- ien Gase in Masse unverbrannt aus der Esse entweichen.

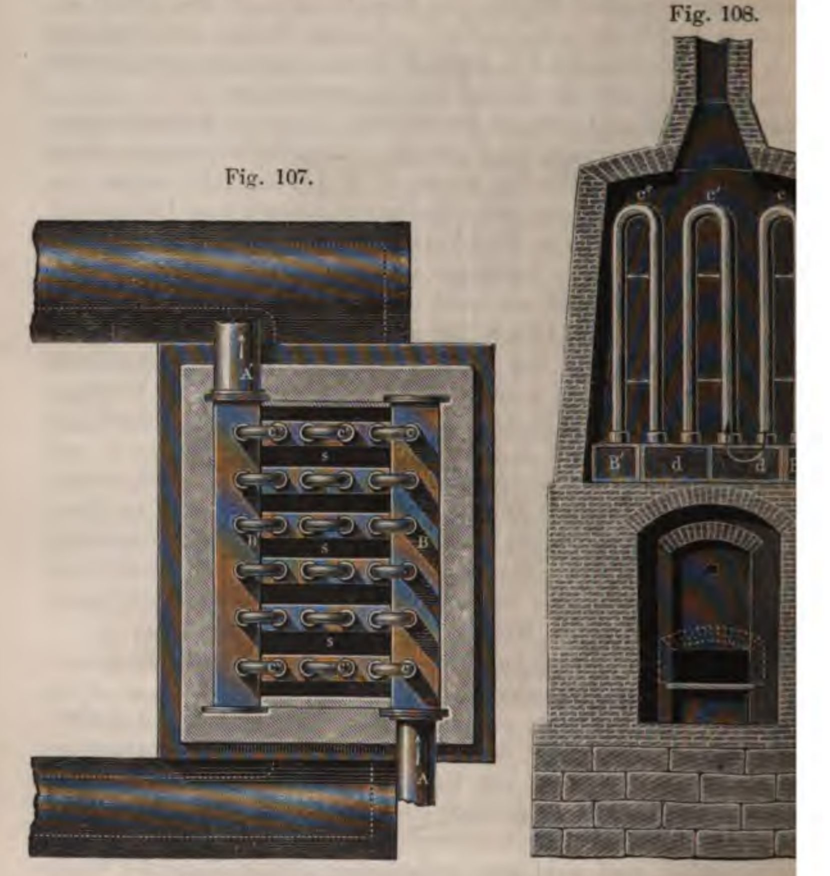
Man verbrennt die Gichtgase zweckmässig niemals im Apparate selbst, ondern in einer Vorkammer, leitet also die heissen Verbrennungsproducte rst gegen die Röhren. Die Fig. 94 bis 97, S. 117 und 118 zeigen eine olche Einrichtung. Noch vollständiger und mit sehr gutem Erfolg wird lieses Princip zu Stockton in Nord-Yorkshire angewendet, wo die Gase in iner sehr grossen Kammer verbrannt werden und also während dessen nit den gusseisernen Theilen gar nicht in Berührung kommen. Der Appa- at ist in den Fig. 107 bis 109, S. 128 und 129 abgebildet. Das Rohr A ührt den kalten Wind in den Apparat und zwar in den gusseisernen Kasten B. Aus diesem wird er mittelst der sechs heberförmigen Röhren c in die erste Abtheilung der Kasten d geleitet, strömt aus diesen durch die zweite Reihe Heberröhren c' in die zweite Abtheilung der Kasten d und aus dieser durch c'' in den Kasten B' und durch A' erhitzt zum Hochofen. Die Röhren sind ungefähr 5 Zoll im Lichten weit und $^3/_4$ Zoll im Eisen stark. Im Raume d werden die Gase verbrannt. Seine Wände erhitzen sich bis zur Rothgluth und die heisse Luft geht durch sieben Schlitze s in die Höhe. Die Apparate haben eine sehr hohe Leistungsfähigkeit. Zwei derselben erhitzen den Wind zu einem Hochofen bis 450° C.

Man will zwar gefunden haben, dass bei einer solchen Verbrennungs- vorrichtung die Röhren schneller oxydirt und schadhaft werden, als wenn die Verbrennung im Apparate selbst vor sich geht, es hängt dies aber ediglich von der Menge der zugeführten Luft ab. Ist die Luftmenge rösser als zur Verbrennung der Gase gehört, so werden die erhitzten Röhren leicht oxydirt, ist sie geringer, so schützen die überschüssig vor- handenen reducirenden Gase vor Oxydation. Für die Haltbarkeit der Röhren ist daher eine nicht ganz vollständige Verbrennung der Gase, h. eine reducirende Flamme vorzuziehen; es ist aber eine solche un- ollständige Verbrennung leichter bei Anlage eines besonderen Verbren- ungsraumes zu reguliren, als ohne diesen.

Von Keil in Oberschlesien ist ein Apparat construirt worden, wel- cher die Wärme, welche in den vom Hochofen abfliessenden Schlacken ent- halten ist, zur Erhitzung der Gebläseluft benutzen soll. Der aus einem ...herartigen Kammersystem bestehende, um seine Axe rotirende Appa- rat wird so aufgestellt, dass die Schlacke direct in die Kammern hin- einfliesst; die oberhalb in den Apparat eingeführte kalte Luft ist genö- thigt, zwischen den mit glühender Schlacke angefüllten Kammern hin- durchzustreichen und verlässt den Apparat an seiner unteren Seite. Für den Fall, dass der Schlackenfluss unterbrochen wird, wendet man Hoch-

ofengase oder Steinkohlen zur Erhitzung an. Jedesmal, wenn Kammer mit flüssiger Schlacke gefüllt ist, macht der Apparat ein hung, so dass die nächste Kammer, aus welcher bereits vorher der

Fig. 107. Fig. 108.



Obere Ansicht ohne Gewölbe. Querdurchschnitt.

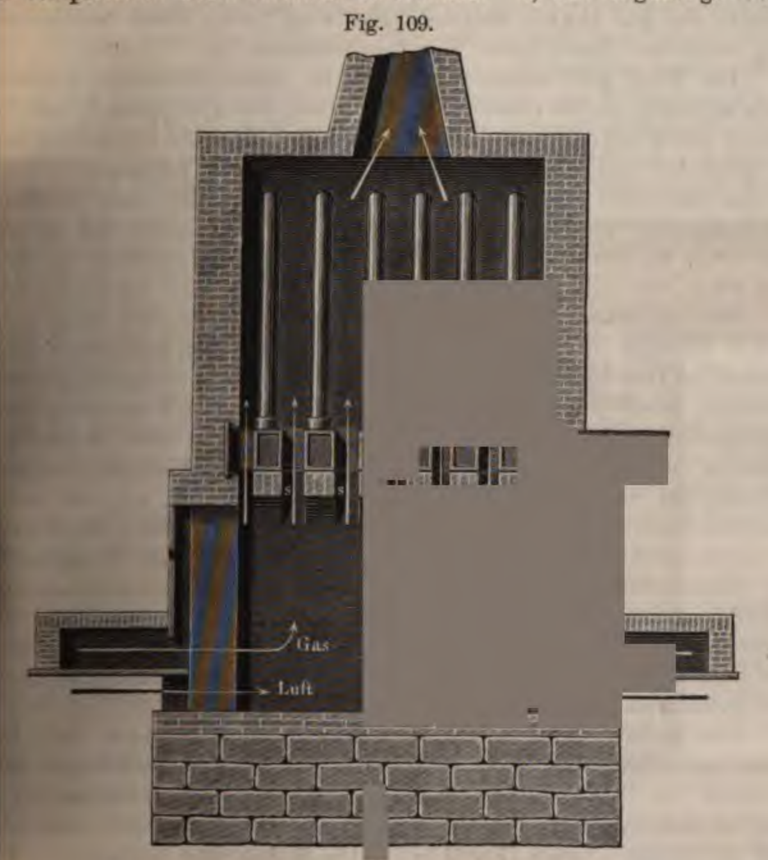
Winderhitzungs-Apparat zu Stockton.

erkaltete Schlackenklumpen entfernt worden war, unter die Schl rinne zu stehen kommt [1]). Man darf nicht verkennen, dass eine Benutzung der für den Betrieb sonst verlorenen Hitze der Sc eine gute Idee ist; ob indessen der Apparat für die Praxis si brauchbar erweist, darüber müssen erst noch Versuche entscheiden lassen sich mehrere Uebelstände schon im Voraus erkennen: 1) Die wendigkeit, einen besonderen Motor für den Apparat zu besc

[1]) Zeitschr. des deutschen Ingenieur-Vereins. 1867. S. 426.

Die Schwierigkeit, das dem Staube und Schmutze sehr ausgesetzte ge-
nde Zeug zu unterhalten. 3) Die Schwierigkeit, den Apparat bei sei-
r complicirten Form luftdicht zu erhalten. 4) Das ungünstige Ver-

Fig. 109.



Winderhitzungs-Apparat zu Stockton. Längsdurchschnitt.

lten der Schlacke als Transmittent der Wärme. Schon der letzte Punkt
ein lässt ein Scheitern des Versuchs fürchten. Die Feuergase kommen
i den gewöhnlichen Apparaten mit den die Wärme an die Luft
gebenden Röhren in jedem Augenblicke in frische Berührung; die
hlacke dagegen wird bald von einer schlecht leitenden Kruste über-
gen, während der flüssige und heisse Kern nur sehr unvollkommen die
ärme an die Eisenwände und somit an den Wind abgiebt.

Wind- und Feuerführung. Gleichgültig, ob der Apparat durch
recte Feuerung, oder durch die brennende Gichtflamme, oder durch die
st in ihm entzündeten, von der Gicht fortgeleiteten Gase erhitzt wird,
allen Fällen durchströmt die Flamme, d. h. der heisse Gasstrom, wel-

cher seine Hitze durch die Vermittelung der eisernen Röhren an die Gebläseluft abgeben soll, den Apparat in einer bestimmten Richtung, welche für gewöhnlich die vertical aufwärts steigende und nur dann eine horizontale oder gar abwärts steigende sein wird, wenn durch künstlichen Zug vermittelst Essen dieser Weg vorgeschrieben ist.

Der Wind geht dagegen entweder im ganzen Apparate an einer Seite aufwärts, an der anderen abwärts (Hosenröhren-Apparate), oder an beiden Seiten zugleich auf- und abwärts (Pistolenröhren-Apparat) oder er durchläuft den Apparat in einem oder mehreren schlangenförmigen Wegen von einer Seite zur anderen. Hieraus ergeben sich vielfache Combinationen der Richtung der Luft und der Feuergase und es tritt die Frage an den Hüttenmann, welche dieser Combinationen die richtige sei.

Soll ein heisser Gasstrom seine Temperatur möglichst vollständig und in kürzester Zeit mit einem anderen Gasstrom von geringerer Temperatur ins Gleichgewicht setzen, so müssen beide eine entgegengesetzte Richtung haben [1]). Die Gebläseluft muss daher dem Feuerstrom entgegengeführt werden, oder mit anderen Worten, die kalte Gebläseluft muss da eintreten, wo der verbrannte, seiner Hitze entledigte Gasstrom austritt, und die heisse Gebläseluft muss da austreten, wo der heisse Gasstrom eintritt. Der Beweis für die vollständige Ausnutzung der Wärme ist dann geführt, wenn der austretende Gasstrom bis zur Temperatur der eintretenden Gebläseluft abgekühlt ist. Dass die austretende Gebläseluft nicht auch die Temperatur der heissen Verbrennungsgase angenommen haben kann, liegt darin, dass die Volumina des Windes und der heissen Gase nicht gleich sind, sondern das Volumen des ersteren weit grösser ist.

Eine einfache Construction der Winderhitzungs-Apparate steht indessen im Allgemeinen nicht im Einklange mit der vollständigen Anwendung des Principes, Luft und Feuerungsgase in umgekehrter Richtung strömen zu lassen. Der Apparat mit concentrischen Röhren, welchen man zu Gröditz benutzte (Fig. 104 bis 106 S. 125) und bei welchem die Feuergase durch das innere Rohr ziehen, ist einer der wenigen Apparate, wo der genannte Grundsatz vollständig zur Anwendung gekommen ist. Bei dem Wasseralfinger Apparate wird dieses Princip schon in geringerem Maasse benutzt, denn hier ist der Strom des Windes dem schlangenförmig aufsteigenden Gasstrome zwar im Ganzen entgegengesetzt, aber in jedem einzelnen Rohre hat der Wind eine zu letzterem rechtwinkelige Richtung. Dasselbe gilt von dem westphälischen Apparate, bei welchem die in mehreren Schlangen vertheilte Luft dem einfach aufsteigenden Gasstrome auch nur im Allgemeinen, nicht aber im einzelnen Rohre ent-

---

[1]) Dieser auch auf chemische Reactionen und ebenso auf flüssige und feste Körper Anwendung findende allgemeine Lehrsatz ist ausführlich vom Bearbeiter in einer Abhandlung über das Staubstromsystem behandelt worden. Vergleiche Verhandlungen des preussischen Gewerbe-Vereins Jahrgang 1867.

gegentritt [1]). Bei Schlangenröhren-Apparaten mit stehenden Röhren und bei allen Apparaten mit hängenden Röhren lässt sich der aufgestellte Grundsatz richtiger Feuer- und Windführung nur durch Vermittelung einer den Zug der heissen Gase bestimmenden Vorrichtung erreichen. Man wird zwischen den Schlangen oder hängenden Röhren Scheidewände anbringen müssen, die bald oben, bald unten Oeffnungen haben, durch welche die heissen Gase zu einem mäanderartigen, der Windrichtung entgegengesetzten Laufe in Folge des durch eine hinreichend hohe Esse hergestellten Zuges gezwungen werden, oder man muss sich mit der unvollkommneren Einrichtung begnügen, die Flamme an der unteren Seite des Apparates eintreten zu lassen und sie durch denselben in einer diagonalen, dem Winde nur im Allgemeinen entgegengesetzten Richtung nach der gegenüberliegenden oberen Seite zu führen.

Bei Hosen- und Pistolenröhren-Apparaten und allen ähnlichen Einrichtungen steht die Richtung der Flamme und des heissen Gasstromes ausser Beziehung zu der des Windstromes. In einem Theil der Röhren fällt der letztere dem Gasstrome zwar entgegen herab, in dem anderen steigt er dagegen mit demselben gleichmässig auf. Die letztere Gruppe von Apparaten ist daher auch in dieser Beziehung die unvollkommenste und unökonomischste und es erscheint auffallend genug, dass sie sich in England fast ausschliesslich Eingang verschafft und in Deutschland und Frankreich so grosse Verbreitung gefunden hat.

Lage der Röhren. Die Röhren haben in allen Apparaten vorherrschend eine senkrechte oder eine wagerechte Lage, bei geneigter Lage (z. B. im Calder'schen Apparate) nähert sich dieselbe der senkrechten. Die senkrechte oder beinahe senkrechte Stellung hat den Vortheil gegen die horizontale, dass sich nicht Asche und Flugstaub auflegen und als schlechte Wärmeleiter die Erhitzung von einer Seite hemmen, ja hindern können, wogegen diese Stellung, falls nicht eine besondere künstliche Feuerführung eintritt, den Nachtheil einer weit ungünstigeren Wärmeausnutzung des aufsteigenden Gasstromes darbietet. Welchen Einfluss die Lage der Röhren auf deren Haltbarkeit und auf die Leichtigkeit Reparaturen auszuführen hat, darüber ist bei den einzelnen Apparaten das Nöthige erörtert. Allgemein gültig sind folgende Grundsätze. Je länger der Apparat in der Richtung des erhitzenden Gasstroms, also in den meisten Fällen je höher er ist, um so vollkommener wird er die Wärme ausnutzen. Bei verticaler Stellung muss man daher den einzelnen Röhren möglichste Länge geben. Letztere findet in der Festigkeit des Eisens sehr bald eine Grenze. Bei horizontalen Röhren muss man

[1]) Eine vollkommen unrationelle entgegengesetzte Windleitung hat man auf einem schlesischen Werke damit zu rechtfertigen gesucht, dass man durch Einleiten des kalten Windes in die unterste Reihe Röhren das Verbrennen dieser letzteren besser hindere; es ist dies aber höchstens ein Beweis einer schlechten Feuerungsconstruction.

möglichst viele Reihen über einander anbringen, man hat dann den Vortheil, kurze Stücke anwenden zu können, welche, weil bei dieser Lage die Röhren hauptsächlich auf relative Festigkeit in Anspruch genommen sind, grössere Haltbarkeit, als längere Stücke darbieten. Allerdings werden bei gleicher Heizfläche um so mehr Krümmlinge zur Verbindung der einzelnen Rohrstücke nothwendig, je kürzer letztere sind, und mit der Zahl derselben nimmt nicht nur die Reibung des Windes, sondern auch die Schwierigkeit der Dichthaltung der Verbindungsstellen zu. Liegen die Krümmlinge ausserhalb des Erhitzungsapparates, so stellt sich natürlich auch das Verhältniss der Heizfläche der Röhren zu der Wärme ausstrahlenden Oberfläche der Verbindungsstücke um so ungünstiger, je kürzer die Rohrstücke sind.

Form der Röhren. Die Mittheilung der Wärme der Verbrennungsgase an die Gebläseluft findet durch Vermittelung des eisernen Rohres statt. Wäre die Luft im Inneren der Erhitzungsröhren in Ruhe, fände also keine Vermischung der einzelnen Lufttheilchen statt, so würde die von der inneren Rohrwand an die zunächst liegenden Lufttheilchen übertragene Wärme nach den allgemeinen Regeln der Leitung von der Begrenzung nach dem Inneren zu fortgepflanzt werden. Da sich nun die Wärmeleitungsfähigkeit wie das Quadrat der Entfernungen von der Wärmequelle verhält, so geschieht die Erhitzung um so schneller, je kleiner der Inhalt der Röhren im Verhältniss zu ihrem Umfange ist und um so höher wird in derselben Zeit die Durchschnittstemperatur der gesammten Luftmenge in jedem Querschnitte steigen. Bei der Bewegung der Luft wird nicht nur an den Biegungen der Röhren stets eine Vermischung der einzelnen Lufttheilchen stattfinden, da die Wege verschieden, die Geschwindigkeiten aber gleich sind, sondern es wird auch dadurch, dass die an den Wandungen befindlichen Lufttheilchen durch Reibung zurückgehalten werden und sich in Folge höherer Erhitzung mehr ausdehnen als die kälteren, im Inneren der geraden Rohrstücke eine Aenderung in der ursprünglichen Anordnung der Luftschichten eintreten; nichtsdestoweniger werden im Allgemeinen die für ruhende Luft geltenden Regeln, wenn auch in minderem Maasse, gültig bleiben. Die ungünstigste Form für die Erhitzung ist daher der kreisförmige Querschnitt des Rohres; die günstigste der einer Linie sich annähernde, daher für die Praxis entweder der oblonge (oder bei Abrundung der Ecken annähernd elliptische) und der ringförmige (innere und äussere Erhitzung vorausgesetzt) [1].

Mit der Vergrösserung des Umfanges zum Inhalt wächst andererseits die Reibung und sie setzt der möglichsten Annäherung an einen linearen Raum schliesslich eine Grenze.

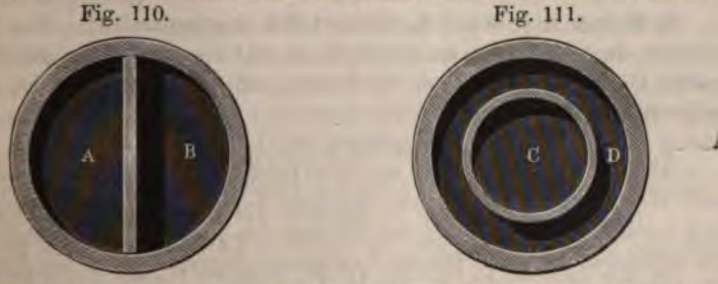
---

[1]) Unregelmässige Querschnitte kommen selten vor. Der Winderhitzungs-Apparat zu Veckerhagen bei Cassel hat z. B. birnenförmige Gestalt. Solche Formen haben keine Vorzüge und den Nachtheil schwierigerer Herstellung.

Kreisförmige Röhren lassen sich bei stehender Anordnung am leich-
sten herstellen und bieten grosse Festigkeit. Bei liegenden Röhren ist
e Ellipse mit senkrechter grosser Axe am geeignetsten zum Wider-
ande gegen das Durchbiegen und giebt überdies, wie bereits erwähnt,
n wenigsten zum Auflagern von Asche Veranlassung.

Wenn man zwei Röhren (Zwillingsröhren) zu einer vereinigt, so
nnen die beiden Abtheilungen entweder aneinander oder ineinander

Fig. 110. Fig. 111.



gen. Gleichen Gesammtquerschnitt vorausgesetzt, verweilt die Luft im
pparate in beiden Fällen gleich lange Zeit, ebenso ist das Verhältniss
s Umfanges zum Querschnitt bei beiden Arrangements gleich. In
g. 110 ist der Umfang $= \partial \pi$, ebenso in Fig. 111, und in beiden der
uerschnitt $= \frac{\partial^2 \pi}{4}$, wenn mit ∂ der Durchmesser des Doppelrohres be-
ichnet und die Trennungswand vernachlässigt wird. Hat das Rohr die
nge l, so ist der Weg des Windes in beiden Fällen $= 2\,l$. Es müsste
her der Effect gleich sein. Indess würden die concentrischen Röhren
g. 111, da in dem zwischen beiden liegenden ringförmigen Raume
ne gleichmässigere Berührung aller Lufttheilchen mit der Röhrenwan-
ng stattfindet und die strahlende Wärme vermöge der grösseren inne-
n Scheidewand einen stärkeren Einfluss ausübt, doch den Vorzug ver-
enen, wenn nicht bei dieser Construction die Schwierigkeit, Undichtig-
iten zu bemerken und zu verhindern, weit grösser wäre, als bei dem
Fig. 110 dargestellten Arrangement.

Stärke und Material der Röhren. Die Eisenstärke der Wandun-
n nimmt man so schwach als möglich, um eine so vollkommene Trans-
ssion der Wärme als möglich zu haben. Durch die Undichtigkeit des
sseisens und durch die Festigkeit desselben wird indessen die Grenze
setzt. Liegende Röhren müssen dicker gegossen sein, als stehende, bei
lchen hauptsächlich nur die rückwirkende Festigkeit in Betracht kommt,
enso müssen längere Röhren grössere Dicke haben als kürzere. Die am
ärksten erhitzten, den heissesten Wind enthaltenden Röhren oder Röhren-
eile, also bei Wasseralfinger und ähnlichen Apparaten die unteren Röh-
n, bei Hosen- und Pistolen-Apparaten die nach dem Inneren des Appa-
tes gekehrten Wandungen müssen die grösste Dicke erhalten. Man
lt sich fast stets zwischen den Grenzen von $^1/_2$ bis $^5/_4$ Zoll. Gusseisen

ist bekanntlich leichter dem Zerspringen und Zerreissen ausgesetzt und überhaupt an und für sich durchdringlicher für gepresste Gase als Schmiedeisen, aber man wendet dennoch letzteres nicht an, weil bei demselben die Herstellung dichter Verbindungen (Nietungen) zu schwierig und kostspielig ist. Schinz (Wärmemesskunst S. 388) hat zwar einen mit schmiedeisernen Transmissionsflächen versehenen Apparat construirt, derselbe hat indessen unseres Wissens keinen Eingang in die Praxis gefunden.

Reibung des Windes, Grösse des Querschnittes. Der Verlust, welchen die Gebläseluft an Pressung in einer langen Röhrenleitung erleidet, ist im Wesentlichen der Länge und dem Umfange des Rohres proportional, dem Querschnitte desselben umgekehrt proportional und wächst im Quadrate der Geschwindigkeit [1]).

Anders verhält es sich mit der Erhitzung. Je grösser die feuerberührte Fläche, je länger also das Rohr ist und einen je grösseren Umfang es in Verhältniss zu seinem Querschnitte hat, um so günstiger ist es, wie wir gesehen haben, für die Erhitzung; dagegen nimmt die Erhitzung mit der Geschwindigkeit der Gebläseluft ab.

Aus diesem Grunde ist es zweckmässig, das Hauptrohr im Erhitzungsapparate in mehrere Röhren zu theilen, deren Gesammtquerschnitt mindestens dem ersteren gleichkommt. Man hat als Maximum zweckmässiger Geschwindigkeit der Luft in Winderhitzungs-Apparaten circa 30 Fuss oder 10 Meter in der Secunde gefunden. Da nun die Geschwindigkeit $v = \frac{Q}{F}$ ist, wenn Q das Windquantum, F den Querschnitt bedeutet, so kann man hiernach leicht den Minimalquerschnitt für jeden einzelnen Fall ermitteln. Dieser Minimalquerschnitt muss mit der Erhitzung des Windes wachsen.

Wenn man die Grösse der Heizfläche wüsste, welche dazu gehört, um ein bestimmtes Luftquantum von bekannter Geschwindigkeit auf den erforderlichen Temperaturgrad zu bringen, so würde sich daraus der vortheilhafteste Querschnitt der Röhren ergeben, doch reichen hierzu die Ermittelungen, welche bisher in dieser Beziehung wirklich angestellt worden sind, bei Weitem nicht aus. Redtenbacher nimmt an [2]), dass die vortheilhafteste Heizfläche, um 1 Cubikmeter Luft pr. 1 Minute zu erhitzen, 0,8 bis 1 □Meter oder um 1 Cubikfuss Luft zu erhitzen, 0,25 bis 0,31 □Fuss beträgt. Schinz [3]) kommt mit Weisbach übereinstimmend auf 8 bis 10 □Fuss Heizfläche pr. 1 Cubikfuss pr. Secunde, also 25,5 bis 31,8 □Meter pr. 1 Cubikmeter, aber Beide mit Zugrundelegung anderer Mengen erzeugter Wärme. Die Unsicherheit solcher Angaben beruht in

---

[1]) Péclet, Traité de Chaleur, 1860. I, S. 135: $P - p = \frac{K'CL}{S} p$, worin L die Länge, C den inneren Umfang des Rohres von beliebig geformtem Querschnitt, S den Querschnitt selbst ausdrückt, P die Geschwindigkeit am Anfange, p die am Ende der Leitung. Die Constante K' ist $= 0{,}006$. — [2]) Redtenbacher, Resultate. 368. — [3]) Wärmemesskunst.

vielen Factoren, welche, ganz abgesehen von erzeugter Temperatur der Heizgase, Oberfläche der Heizröhren und Geschwindigkeit des Windes, berücksichtigt werden müssen, namentlich in der in der Praxis sehr verschiedenen Temperatur der entweichenden Heizgase, der verschiedenen Construction der Seitenwände, welche einestheils durch Strahlung nach innen zur Winderhitzung beitragen, andererseits durch Strahlung und Berührung mit der kalten Atmosphäre nach aussen zu Wärmeverlusten Veranlassung geben [1]).

Ein besonderer Reibungsverlust entsteht in den Krümmungen der Röhren. In den meisten Fällen vermittelt eine solche Krümmung die Verbindung zweier parallelen Röhren, d. h. der Wind hat seine Richtung um 180° zu ändern. Es wird dies entweder durch eine zweimalige Wendung um 90° bewirkt, so bei den Fusskasten-Apparaten, dem unteren Theil der Pistolenröhren-Apparate, oder durch allmälige Wendung in nahezu halbkreisförmigen Verbindungsstücken, so bei Hosenröhren, Wasseralfinger Apparaten u. s. w. Der Reibungsverlust ist im ersten Falle nach Péclet [2]) doppelt so gross als im zweiten. Der Fall, welcher im oberen Theile der meisten Pistolenröhren und bei den Hängeröhren zu Königshütte eintritt, d. h. dass der Wind am äusseren Umfange einen Kreisbogen durchläuft, am inneren um 180° plötzlich umbiegt, da dort die Wand der zwei parallelen Röhren gewissermaassen gemeinschaftlich ist, muss naturgemäss in der Mitte liegen.

Während der Erhitzung nimmt die Luft ein immer grösseres Volumen ein, mithin wächst auch in demselben Maasse der Reibungswiderstand, wenn nicht der Querschnitt des Rohres sich entsprechend vergrössert. Es ist daher zweckmässig in allen Fällen, in denen der Wind den Erhitzungsraum mehrmals passirt (z. B. bei gekuppelten Zwillingsröhren-Apparaten und allen Schlangenröhren-Apparaten), entweder den Querschnitt oder die Zahl der Röhren, in welchen der bereits erhitzte Wind noch höher erhitzt werden soll, zu vergrössern, wie dies z. B. die in den Figuren 89 bis 92 und 68 bis 71 abgebildeten Apparate zeigen.

Es liegt in den Untersuchungen über diese Punkte noch ein weites und wenig durchackertes Feld der Mechanik vor [3]).

Wenn es auch nicht der Zweck unseres Werkes ist, näher auf die theoretische Berechnung der Reibung einzugehen, so möge doch gestattet sein, darauf hinzuweisen, dass auf die Reibungsverluste nur ein beschränktes Gewicht bei der Construction der Winderhitzungs-Apparate zu legen ist, denn die Arbeit, welche durch die Reibung scheinbar

---

[1]) Die einzigen ausführlichen, wenn auch nicht erschöpfenden Betrachtungen in dieser Beziehung hat Schinz in dem erwähnten Werke, auf welches wir daher verweisen, angestellt. — [2]) Péclet, Traité de chaleur. I, p. 141. — [3]) Wir verweisen auf Weisbach, Ingenieur- und Maschinen-Mechanik; Péclet, Traité de chaleur; Grashof, Ueber die Bewegung der Luft in Röhrenleitungen in der Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure 1862 u. 1863; Hauer, Die Hüttenwesen-Maschinen, woselbst S. 135 auch eine Zusammenstellung der wichtigsten Literatur.

verloren geht, setzt sich in Wärme um, die hier Zweck ist. Es kann daher z. B. in dem Falle, wo man eine Dampfgebläsemaschine anwendet, nur darauf ankommen, zu vergleichen, ob es billiger ist, die der Reibungsarbeit entsprechende Wärme im Dampfkessel oder im Erhitzungs-Apparate zu erzeugen.

Nutzeffect der Apparate. Nach dem, was die Mechaniker bis jetzt an Hülfsmitteln zur Berechnung des theoretischen Effectes der Winderhitzungs-Apparate geliefert haben, ist es kaum möglich, von einem Nutzeffecte der Apparate zu sprechen [1]. Jedenfalls genügt bei den angeführten, als zweckentsprechend bezeichneten Apparaten die Erhitzung, welche von den verbrennenden Hochofengasen an die Luft übertragen wird. Verwendet man festes Brennmaterial, so genügt nach Redtenbacher [2]) zur Erhitzung von 1 Cubikmeter Luft auf 300° C. $^1/_{15}$ Kilogramm Holz oder $^1/_{30}$ Kilogramm Steinkohle. Zur theoretischen Berechnung der Leistung eines Winderhitzungs-Apparates giebt Schinz [3]) Formeln an, welche wir, ohne die Grundlagen für ausreichend zu halten, in ihrer beispielsweisen Anwendung als das Vollständigste, was zu finden war, mittheilen.

Es ist zunächst nöthig, den Wärmetransmissionscoëfficienten zu kennen. Diesen berechnet Schinz nach der Formel:

$$V = Sma^{\varphi}(a^t - 1) + Lnp^c t^b,$$

worin zunächst S eine constante Grösse pr. 1 □ Fuss preuss. und pr. Stunde [4])

für Gusseisen, alt und oxydirt	. . . .	0,6615
„ „ neu	. . . .	0,6247
„ Eisenblech, etwas oxydirt	. . . .	0,6615
„ „ gewöhnliches	. . . . .	0,5391
„ Bausteine	. . . .	0,7092

ist. In $ma^{\varphi}(a^t - 1)$ ist ferner $m = 132,64$, $a = 1,0077$, φ die Temperatur der Wärme aufnehmenden Luft, t die Temperaturdifferenz zwischen dem Wärme aufnehmenden und dem Wärme abgebenden Körper. Tabellen zur leichteren Berechnung dieses ersten Gliedes der Formel sind auf Seite 137 bis zu $\varphi = 25^0$ mitgetheilt.

Im zweiten Gliede der Formel ist

$$L = \left(0,13674 + \frac{0,05512}{\sqrt{D}}\right) \times \left(2,5422 + \frac{1,6728}{\sqrt{h}}\right),$$

der Leitungs-Coëfficient für verticale Cylinder pr. 1 □ Fuss preuss. und pr. Stunde; oder $L = 0,405 + \frac{0,6015}{D}$, für horizontale Röhren pr. 1 □ Fuss preuss. und pr. Stunde, wenn D den Durchmesser des Rohres in preuss. Zollen, h dessen Länge in Fussen bedeutet. Schliesslich ist in

---

1) Es sind deshalb gegenwärtig vom Vereine zur Beförderung des Gewerbefleisses in Preussen Honorare für die besten Arbeiten über den Nutzeffect der Winderhitzungs-Apparate ausgeschrieben. — 2) Op. cit. p. 368. — 3) Wärmemesskunst. S. 386 u. a. O. — 4) Schinz, Compendium Tab. XLI für preuss. Maass.

ngs-Coëfficienten für verschiedene Temperatur-Differenzen
d verschiedene absolute Temperaturen oder Werthe für
$Sma^{\varphi}(a^{t}-1)$ pr. Stunde und pr. Quadratfuss.

)°	$\varphi = 5^0$	$\varphi = 10^0$	$\varphi = 15^0$	$\varphi = 20^0$	$\varphi = 25^0$
. S	10,995 . S	11,428 . S	11,875 . S	12,340 . S	12,820 . S
. S	22,835 S	23,730 . S	24,655 . S	25,620 . S	26,620 . S
. S	35,655 . S	37,045 . S	38,495 . S	40,000 . S	41,565 . S
. S	49,480 . S	51,415 . S	53.420 . S	55,510 . S	57,680 . S
. S	64,401 . S	66,920 . S	69,535 . S	72,260 . S	75,080 . S
. S	80,515 . S	83,660 . S	87,540 . S	90,330 . S	93,860 . S
. S	97,910 . S	101,735 . S	105,710 . S	109,840 . S	114,135 . S
. S	116,695 . S	121,255 . S	125,995 . S	130,920 S	136,035 . S
. S	137,120 . S	142,480 . S	148,050 . S	153,835 . S	159,845 . S
. S	158,910 . S	165,120 . S	171,575 . S	178,280 . S	185,250 . S

gs-Coëfficienten für die Temperatur-Differenzen $t' - t''$ oder
Werthe für die Formel nt^b pr. Stunde und pr. □Fuss.
($n = 0{,}5385$. Log. 0,73090 — 1.)

Temperatur-Differenz.	Werthe von $nt^b . L.$	Temperatur-Differenz.	Werthe von $nt^b . L.$
10° C.	9,4 . L	130° C.	223,1 . L
20	22,2 . L	140	244,4 . L
30	36,6 . L	150	266,1 . L
40	52,2 . L	160	288,1 . L
50	68,6 . L	170	310,5 . L
60	86,0 . L	180	333,2 . L
70	104,0 . L	190	356,1 . L
80	122,6 . L	200	379,4 . L
90	141,7 . L	210	402,9 . L
100	161,5 . L	220	426,7 . L
110	181,5 . L	230	450,7 L
120	202,1 . L	240	475,0 . L

$n t^b$, $n = 0{,}5385$, $b = 1{,}233$, t wie vorher die Temperaturdiffere in p^c p der Druck der Luft, c eine Constante $= 0{,}45$.

Auch für diesen Theil der Formel hat Schinz Tabellen zus gestellt, welche wir (für preuss. Maass und Gewicht) hier gleichf Seite 137 bis 139 mittheilen. Man sucht auf Seite 138 oder 139 L und setzt dies dann in den gefundenen Werth der unteren Tab Seite 137 ein.

Leitungs-Coëfficienten für horizontale Röhren.

$$L = 0{,}405 + \frac{0{,}6015}{D}$$

pr. 1 □Fuss und pr. Stunde.

Werthe von D.	Werthe von L.
0,5 Zolle	1,6080
1	1,0065
2	0,7058
3	0,6055
4	0,5554
5	0,5253
6	0,5053
7	0,4909
8	0,4802
9	0,4718
10	0,4652
11	0,4597
12	0,4551

Ist z. B. die Temperatur der erhitzten Luft 300°, so ist die r Temperatur derselben im Apparat $= \frac{300 + 0}{2} = 150°$. Dies is obigen Formel. Es sei nun die mittlere Temperaturdifferenz (t d mel) zwischen Luft und Verbrennungsproducten ebenfalls $= 150$°

In den Tabellen war in der Formel $L n t^b p^c$, der Druck p^c = setzt; da aber die Pressung des Windes höher als der gewöhnli mosphärendruck ist, so muss dieser höhere Druck in die Forn geführt werden durch den Factor p^c, worin, wie bereits angeführ Druck der Luft, c der constante Coëfficient 0,45 [1]) ist. Es änd aber auch demgemäss der Factor $n = 0{,}5385$ [2]), welcher durch p_1

[1]) Schinz, S. 72. Das Meter braucht nicht übertragen zu werde im Zähler und Nenner vorkommt. — [2]) Loc. cit. Taf. XLIII.

$$L = \left(0,13674 + \frac{0,05512}{\sqrt{D}}\right) \times \left(2,5422 + \frac{1,6728}{\sqrt{h}}\right);$$ D in Zollen, h in Fussen.

h.	D = 0,5.	D = 1.	D = 2.	D = 3.	D = 4.	D = 5.	D = 6.	D = 7.	D = 8.	D = 9.	D = 10.	D = 11.	D = 12.
1	0,9049	0,8087	0,7407	0,7105	0,6925	0,6803	0,6712	0,6642	0,6585	0,6538	0,6498	0,6464	0,6434
2	0,7998	0,7147	0,6546	0,6279	0,6120	0,6012	0,5932	0,5870	0,5820	0,5778	0,5743	0,5713	0,5686
3	0,7532	0,6731	0,6164	0,5913	0,5764	0,5662	0,5586	0,5528	0,5481	0,5441	0,5408	0,5380	0,5355
4	0,7254	0,6482	0,5937	0,5695	0,5551	0,5453	0,5380	0,5324	0,5278	0,5241	0,5209	0,5181	0,5158
5	0,7064	0,6313	0,5782	0,5546	0,5406	0,5310	0,5240	0,5185	0,5140	0,5104	0,5073	0,5046	0,5023
6	0,6924	0,6184	0,5667	0,5436	0,5299	0,5205	0,5136	0,5082	0,5039	0.5003	0,4972	0,4946	0,4923
7	0,6815	0,6091	0,5578	0,5351	0,5216	0,5123	0,5055	0,5002	0,4959	0,4924	0,4894	0,4868	0,4846
8	0,6728	0,6012	0,5506	0,5282	0,5149	0,5057	0,4990	0,4938	0,4896	0,4861	0,4831	0,4806	0,4784
9	0,6655	0,5947	0,5447	0,5225	0,5093	0,5003	0,4936	0,4885	0,4843	0,4808	0,4779	0,4754	0,4732
10	0,6594	0.5892	0,5397	0,5177	0,5046	0,4957	0,4891	0,4839	0,4798	0,4764	0,4735	0,4710	0,4688
15	0,6385	0,5706	0,5226	0,5013	0,4887	0,4800	0,4736	0,4686	0,4646	0,4613	0,4585	0,4561	0,4540
20	0,6261	0,5595	0,5124	0,4916	0,4791	0,4707	0,4644	0,4595	0,4556	0,4524	0,4496	0,4472	0,4452
25	0,6176	0,5519	0,5055	0,4849	0,4727	0,4643	0,4581	0,4533	0,4449	0,4462	0,4435	0,4412	0,4891
30	0,6114	0.5464	0,5004	0,4800	0,4679	0,4569	0,4535	0,4487	0,4449	0,4417	0,4390	0,4367	0,4347
35	0,6065	0,5420	0,4964	0,4762	0,4641	0,4559	0,4498	0,4451	0,4413	0,4382	0,4355	0,4332	0,4312
40	0,6026	0,5385	0,4932	0,4731	0,4611	0,4530	0,4469	0,4423	0,4385	0,4354	0,4327	0,4304	0,4285

p_l den äusseren Luftdruck bedeutet, zu dividiren ist. Dieser äussere Luftdruck sei = 0,76 Meter Quecksilber, der Ueberdruck in den Röhren dagegen = 0,06 Meter, so ist $S = 0{,}6247$. Ist der Durchmesser der Röhren D = 8 Zoll, so ist nach obigen Tabellen für horizontale Röhren $L = 0{,}4802$. Es ist daher $n = \frac{0{,}5385}{0{,}76^{0{,}45}} = 0{,}6093$ zu setzen.

Gesetzt, die Röhren sind aus Gusseisen, so ergiebt sich der Transmissions-Coëfficient

$$V = Sma^{\varphi}(a^t - 1) + Lnp^c t^b = 0{,}6247 \, . \, 132{,}64 \, . \, 1{,}0077^{150} (1{,}0077^{150} - 1) + 0{,}4802 \, . \, 0{,}6093 \, . (0{,}76 + 0{,}06)^{0{,}45} \, . \, 150^{1{,}233} = 694{,}6.$$

Dieser Coëfficient gilt pro □Fuss. Nun hat die ganze Röhrenleitung eine Transmissionsfläche $= F$ □Fuss, folglich ist die totale Transmission $= F\,694{,}6$ pr. Stunde. Wenn die 8 Zoll weiten Röhren 4 Fuss lang sind und ihrer 16 Stück im Apparate liegen, so ist die Gesammtfläche derselben = 16 . 10 □Fuss = 160 □Fuss, daher in diesem Falle die totale Transmission = 160 . 694,6 = 111136 Wärme-Einheiten pr. Stunde, 1852,5 pr. Minute oder = 30,9 pr. Secunde, ein Werth, den wir W nennen wollen.

Da 1 Cubikfuss Luft von atmosphärischer Spannung und von 0° Temperatur bei 300° und der angenommenen Spannung von 0,82 Meter[1]) zu 2,265 Cubikfuss wird, welche 0,070152 Pfund wiegen, so wiegt ein Cubikfuss dieser Luft $= \frac{0{,}070152}{2{,}265} = 0{,}030972$ Pfund, und sein Wärmegehalt bei 300° ist = 0,030972 . 0,2669 [2]). 300 = 2,4799 Wärme-Einheiten, welches Product wir W_1 nennen.

Hiernach sollte der Apparat pr. Secunde leisten:

$$\frac{W}{W_1} = \frac{30{,}9}{2{,}4799} = 12{,}5 \text{ Cubikfuss}$$

oder 12,5 + 0,030972 = 0,38715 Pfund Luft von 300° C.

Bei diesem von Schinz gegebenen Beispiel [3]) ist freilich die Uebertragung der Gesammtwärme an die Luft vorausgesetzt, und nicht auf die Uebertragung der Wärme durch die eisernen Wände Rücksicht genommen. Es würde nach diesem Beispiele zur Erhitzung von 1 Cubikfuss

---

[1]) 0,76 + 0,06 = 0,82 Meter. — [2]) Specif. Wärme der Luft bei 0,76 Meter Barometerstand. — [3]) Op. cit. S. 386, dessen Rechenfehler zu verbessern gesucht sind, welche wesentlich darin beruhen, dass in dem zweiten Gliede der Formel nur der eine Factor $150^{1{,}233}$ berücksichtigt, die anderen dagegen offenbar vergessen sind. V dürfte hiernach (ohne Uebertragung auf preuss. Maass und Gewicht, welche im vorliegenden Falle gewählt sind) nicht wie Schinz berechnet 1025,71, sondern nur 661,93 betragen. Uebrigens stimmt auch in dem Original die Annahme $t = 150°$ nicht mit der vorhergegangenen Annahme der mittleren Temperatur verbrennender Gichtgase zu $\frac{1100 + 500}{2} = 800°$, wonach $t = 800 - 150 = 650°$ wäre. Doch ist dies ohne weiteren Einfluss auf die vorliegende Berechnung und daher unberücksichtigt gelassen.

$\frac{160}{12,5} = 12,8$ □Fuss Heizfläche erforderlich sein, ein in den mittleren
zen der Praxis liegendes, immerhin aber ungünstiges Resultat.

Es erhöht sich dieses Resultat aber sofort, sobald man die Tempe-
rdifferenz t grösser annimmt. Nähme man die Verbrennungstempe-
r zu 1100°, die unbenutzte Temperatur der abziehenden verbrannten
zu 500°, so würde die mittlere Temperatur $= \frac{1100 + 500}{2} = 800°$,
in $t = 800 - 150 = 650°$ sein, es würde unter sonst gleichen
hältnissen $V = 38841,338$, und zur Erhitzung von 1 Cubikfuss
auf 300° gehörte nur eine Heizfläche von $\frac{160}{700} =$ circa 0,23 □Fuss,
hin kaum $^1/_{40}$ des in der Praxis, in der man gewöhnlich 8 bis 10 □Fuss
zfläche verlangt, erforderlichen Grösse [1]). Es ist hieraus ersichtlich,
die nöthige Heizfläche wesentlich von der zweckmässigen Feuer-
ihrung abhängig ist. Uebrigens würde es zur Vergrösserung der Heiz-
he überhaupt zweckmässiger sein, die Heizgase durch Röhren zu füh-
und die Luft in dem diese Röhren umgebenden Raume zu erhitzen,
n nicht die Dichthaltung dieses Raumes für die comprimirte Luft
zu grossen praktischen Schwierigkeiten unterläge.

Ebenso wenig wie die theoretischen Grundlagen zur Berechnung des
effectes der Winderhitzungs-Apparate ausreichen, ebenso wenig liegen
ichende praktische Erfahrungen vor, an die man sich halten könnte.
richtiger Vergleich verschiedener Apparate ist nur dann möglich,
hinreichende Daten über die Temperatur der abgehenden Heizgase,
Beschaffenheit und Menge des angewendeten Brennmaterials u. s. w.
ben werden.

Die folgende Zusammenstellung, welche der Bearbeiter der Güte des
n Oberbergraths Ulrich, Directors der Königshütte in Oberschlesien,
ankt, gestatten wenigstens einen Vergleich der dort unter denselben
ngungen gefeuerten verschiedenen Arten von Winderhitzungs-Appa-
.

Es existiren auf diesem grossen Hüttenwerke sechs Arten von Appa-
, nämlich als älteste Hosenröhren-Apparate, sodann ältere doppelte
lenröhren-Apparate, neuere einfache und neuere doppelte Pistolen-
en-Apparate, Westphälische Apparate und die nach des Bearbeiters
aben construirten Apparate mit hängenden Röhren.

1. Die Hosenröhren-Apparate enthalten je 36 Röhren, à 10 Fuss lang.
feuerberührte Fläche derselben beträgt 36 . 10 . 1,761 = 633,96 □Fuss.
r Windinhalt dieser Röhren 36 . 10 . 0,09346 = 33,6456 Cubikfuss.
r Weg zur Erwärmung des Windes ist 20 laufende Fuss.

---

[1]) Die folgenden Beispiele zeigen für Königshütte mit Ausnahme des Hosen-
-Apparates, welcher 19 □Fuss erfordert, Schwankungen zwischen 6 und
uss, so dass das obige Verhältniss 8 bis 10 als ein für alle Fälle ausreichen-
zeichnet werden kann.

2. Die feuerberührte Fläche eines älteren doppelten Pistolenröhren-Apparates beträgt:

A. An Oberfläche der 52 Röhren, von je $11\frac{1}{2}$ Fuss Länge,

$$52 \cdot 11{,}5 \left[\left(\frac{9{,}5 \cdot 2}{12}\right) + \left(\frac{5{,}5 \cdot 3{,}1416}{12}\right) = 598 \left(\frac{19 + 17{,}28}{12}\right)\right]$$

$= 598 \cdot 3{,}09 = 1747{,}82$ □Fuss

B. An Oberfläche der Windkasten, soweit dieselben vom Feuer getroffen werden.

a. die 4 Bodenflächen, à 6 □Fuss . 24 □Fuss
b. die 8 Seitenflächen, à 7,08 „ . 56,64 „
c. die 4 Deckflächen, à 6 □Fuss = 24 □Fuss nach Abzug von 56 Röhrenflanschen, à 76 □Zoll oder zusammen 19,14 □Fuss = 4,86 „

85 „

Daher feuerberührte Fläche . . . 1833,32 □Fuss.

Der Windinhalt eines solchen Apparates beträgt:

A. In den 52 Röhren = (3,2141 Cubikfuss . 52) = . . 167,133 Cubikfuss
B. In den 4 Windkästen = 4 . 25,4 = ... 101,6 „

Daher Gesammtinhalt . . . 268,733 Cubikfuss.

Die Länge des Weges für die Erhitzung des Windes beträgt 52 laufende Fuss.

3. Die an Stelle der alten Wasseralfinger Apparate aufgestellten Pistolenröhren-Apparate haben 32 Stück Pistolenröhren, à 14,25 Fuss lang.

Die feuerberührte Fläche dieser Röhren ist = 456 · 3,09 . . 1409,04 □Fuss
Die Flächen der Windkasten betragen in Summa . . . . . 54,05 „

Daher feuerberührte Fläche . . . 1463,09 □Fuss.

Der Windinhalt beträgt:

A. In den Röhren 3,9826 · 32 = ... 127,4432 Cubikfuss
B. In den Windkästen 3,66 · 32,75 = ... 110,04 „

Daher Gesammtinhalt . . . 237,4832 Cubikfuss.

Die Länge für die Winderhitzung beträgt 67 laufende Fuss.

4. Die neu erbauten doppelten Pistolenröhren-Apparate enthalten 52 Windröhren, à 14,25 Fuss Länge.

Die feuerberührte Fläche der Röhren beträgt (14,25 . 52) 3,09 = 2289,69 □Fuss
Die Flächen der Windkasten betragen in Summe . . . . . 139,040 „

Daher feuerberührte Fläche . . . 2428,73 □Fuss.

Der Windinhalt des Apparates beträgt:

A. der Röhren 52 . 3,9826 = ... 207,0952 Cubikfuss
B. der 4 Windkasten (2,15 . 12,916) 4 = ... 111,0776 „
C. der Standröhren . . . . 58,128 „
D. der Unterlagsröhren . . . . 84,1275 „

Daher der Gesammtinhalt . . . 460,4283 Cubikfuss.

Dagegen der Inhalt des vom Feuer getroffenen Theils 318,1720 „

Die Länge des Weges für die Winderhitzung beträgt 66 laufende Fuss.

)ie Westphälischen Apparate enthalten 39 - Röhren in 7 überliegenden Reihen, die 6 obersten Reihen zu 6, die unterste zu

.

Die feuerberührte Fläche beträgt . . . 2005,913 □Fuss.

nhalt eines solchen Apparates beträgt:

Röhren von zusammen 517,5 Fuss Länge:

517,5 . 0,497 = 257,1975

Röhren von zusammen

Fuss Länge: 45 . 0,6453 = 29,0385

286,236 Cubikfuss.

änge des Weges für die Winderhitzung beträgt 100 laufende Fuss.

)er Apparat mit hängenden Windröhren hat 36 Röhren, die hrte Fläche der Röhren beträgt:

n den 18 kleinen Röhren 14 . 18 . 3,523 = . . 886,796 □Fuss

„ 18 grossen „ 252 . 3,981 = . . . 1003,212 „

Daher die feuerberührte Fläche . . . 1890,008 □Fuss.

inhalt des Apparates beträgt:

r 18 Stück kleineren Röhren 18 . 4,933 = ... 88,812 Cubikfuss

r 18 „ grossen „ 18 . 5,869 = ... 105,642 „

r 18 Verbindungsröhren, à 1 Fuss 10 Zoll lang = 6,215 „

r 2 Zuleitungen, 10,5 Zoll Dtr., 11 Fuss lang = 41,066 „

· 2 grossen Ableitungen, 20 Zoll Dtr., 11 Fuss lang = 47,996 „

Daher der Gesammtinhalt . . . 289,731 Cubikfuss.

gen der Inhalt des vom Feuer getroffenen Theils . 200,669 „

ı des Weges für die Winderwärmung, soweit die Feuerfläche reicht, laufende Fuss.

Zusammenstellung.

enennung der Apparate.	Feuer-berührte Fläche.	Windinhalt der Röhren, soweit dieselben vom Feuer getroffen werden.	Bei einem Windverbrauch von 3500 Cubikfuss pr. Minute für den Hochofen bleibt der Wind im Apparat
	Quadratfuss	Cubikfuss	Secunden
ən-Apparat	633,96	33,645	0,58
elte Pistolenröhren-Ap-	1833,32	268,733	4,6
ıren-Apparate (als Ersatz seralfinger Apparate) .	1463,09	237,483	4,7
ren-Apparate, doppelte	2428,73	318,172	5,45
che Apparate	2005,91	286,236	4,9
nit hängenden Röhren .	1890,01	200,669	3,44

Da nun in allen bis auf den Hosenröhren-Apparat, in welchem eine starke Erhitzung überhaupt nicht zu erlangen ist, der Wind gleich hoch erhitzt wird, so hat derjenige den grössten Nutzeffect, in welchem der Wind die kürzeste Zeit verweilt. Es stellt sich mithin der mit hängenden Röhren am günstigsten. Es folgen dann die Pistolenröhren-Apparate Nr. 3 und 2, hierauf die Westphälischen und schliesslich der Pistolenröhren-Apparat Nr. 4. Anders verhält es sich aber mit der Dauerhaftigkeit. Auch hier steht der Apparat mit hängenden Röhren in erster Linie, dann folgen die Pistolenröhren-Apparate Nr. 4, 3, 2, sodann der Hosenröhren-Apparat und schliesslich der Westphälische Apparat, bei dem in Folge eines Durchbiegens der Röhren ein Reissen und Undichtwerden in den Kittfugen sehr häufig ist.

Temperatur. Man arbeitet zwar mit allen Temperaturen des Windes bis 600°, indessen ist bei einer geringeren Erhitzung des Windes als 100° die Wirksamkeit desselben eine zu geringe, um den Aufbau von besonderen Apparaten zu lohnen, während die Erhitzung über 550° grosse Schwierigkeiten hinsichtlich der Dichthaltung der Apparate hat. Meistentheils bringt man durch die Röhrenapparate den Wind auf 300°. Für Holzkohlen begnügt man sich mit Temperaturen von 100 bis 250°, bei Koks hat man meist 250 bis 350°, bei rohen Steinkohlen und Anthracit 350 bis 550°. Nur bei hinreichend grossen Heizflächen oder der Verbindung zwei oder mehrerer Apparate in der Weise, dass der schon in einem Apparate erwärmte Wind noch durch einen folgenden u. s. f. geht, gelingt es, den Wind bis auf 600° und höher zu bringen.

Nimmt man die Grundlagen der oben mitgetheilten Schinz'schen Formel als richtig an, so lässt sich mit Hülfe derselben auch das Maximum der zu erreichenden Temperatur vorher berechnen. Letzteres wird selbstverständlich die Temperatur der Verbrennungsproducte niemals überschreiten können und muss sich andererseits immer unterhalb der Temperatur halten, bei welcher das Material der Röhren weich zu werden beginnt.

Anordnung und Stellung der Winderhitzungs-Apparate. Wird die Gichtflamme des Hochofens zur Winderhitzung benutzt, so ist die Stellung des Winderhitzungsapparates auf dem Niveau der Gicht bedingt. In diesem Falle muss der kalte Wind hinauf, der warme herab geleitet werden. Die Länge der nöthigen Röhrentouren, die Beschränkung des bei grossartigem Betriebe für andere Zwecke erforderlichen Platzes gestattet eine solche Einrichtung nur bei niedrigen Hochöfen, welche einer verhältnissmässig geringen, von einer Seite auszuführenden Beschickung bedürfen. Es lässt sich daher die Winderhitzung mittelst der Gichtflamme auch nur bei Holzkohlenöfen und kleineren Koksöfen zweckmässig anwenden. Die Wärmeverluste beim Herableiten der heissen Luft kann man zwar durch die Einmauerung der Leitung in das Rauhgemäuer des Ofens verringern, dieselben werden aber trotzdem nur bei verhältnissmässig niedriger Temperatur ohne grossen Einfluss sein.

Bei der Benutzung von festen Brennmaterialien oder Hoch-
ngasen ist die Stellung der Winderhitzungs-Apparate an sich gleich-
ltig, der Einfachheit der Anlage und der Kürze der den heissen Wind
n Ofen führenden Röhrenleitungen wegen pflegt man indessen das
veau der Hüttensohle zu wählen. Die hierdurch bedingte weitere Lei-
ng der Hochofengase hat keinen nachtheiligen Einfluss; denn man hat
rade bei diesen Gasen die Erfahrung gemacht, dass durch eine lange
itung in Folge der Condensation des Wasserdampfes der Heizeffect der-
ben sich erhöht [1]). Nur in einzelnen Fällen (z. B. bei den in den Figu-
n 27 bis 31, Seite 31 bis 33 abgebildeten Anthracitöfen und denen zu
talifera in Süd-Wales) hat man die durch Gichtgas erhitzten Apparate
einem etwas unterhalb der Gicht gelegenen Niveau angebracht.

Da mit wenigen Ausnahmen, die bei kleinen Holzkohlenhochöfen vor-
mmen, mehrere Windströme in den Ofen geführt werden, so tritt
i Anlage der Erhitzungsapparate die Frage entgegen, ist es zweckmäs-
ger, den Wind erst zu theilen und jeden der Windströme besonders zu
hitzen, um so seine Temperatur beliebig ändern zu können, oder ist es
ngekehrt besser, erst den ungetheilten Windstrom zu erhitzen und ihn
nn zu theilen. Es ist für den Erfolg in dem letzteren Falle gleichgül-
, ob man den Wind nur durch einen Apparat oder, um ihn höher zu
hitzen, durch mehrere Apparate führt und die einzelnen Ströme heis-
n Windes in einem Hauptrohr vereinigt, um sie nachher wieder zu
eilen.

Im Allgemeinen, d. h. bei einem regelrechten Ofengange, verlangt
le Seite des Ofens einen gleich starken und gleich erhitzten Luftstrom.
diesem Falle ist es daher besser, den Windstrom erst nach der Er-
tzung zu theilen, da dann eine Ungleichmässigkeit, gleich lange Lei-
ngen bis zum Ofen vorausgesetzt, nicht möglich ist. Wenn dagegen
nregelmässigkeiten im Ofengange eintreten, wird die stärkere Erhitzung
f nur einer Seite des Ofens zuweilen wünschenswerth. Für diesen be-
nderen Fall wäre es daher besser, jeden Windstrom mit einem besonde-
n Erhitzungs-Apparate zu versehen. Da aber ein solcher Fall zu den
isnahmen gehört, und überdies der Raum durch die rings um den Ofen
zulegenden Apparate, namentlich bei zahlreichen Formen, zu sehr be-
hränkt würde, so zieht man in der Praxis meist die Erhitzung des
getheilten Windstromes vor. Hierbei empfiehlt sich indessen bei gros-
n Windmengen oft, wie dies bereits oben ausgeführt wurde, die An-
ge mehrerer kleiner, statt eines grossen Apparates, um im Falle von
paraturen nicht mit kaltem Winde blasen zu müssen. Bei der Con-
uction von Apparaten, welche wenig Reparaturen erfordern, oder bei
nen Reparaturen schnell auszuführen sind, wird man aber auch der
ts billigeren Einrichtung nur eines Apparates vor der kostspieligen
ilage mehrerer Apparate den Vorzug geben dürfen.

---

[1]) Vergleiche den folgenden Abschnitt über Gichtgase.

Eine zuweilen vorkommende, stets aber schlechte Einrichtung ist es, mit zwei getrennten Apparaten drei, mit drei Apparaten vier oder mehr Windströme derartig erhitzen zu wollen, dass eine Form von zwei Apparaten gleichzeitig ihren Wind empfängt. Gesetzt z. B. es sollten durch zwei Apparate je ein Windstrom besonders und einer gemeinschaftlich erhitzt werden, so wird eine Gleichmässigkeit der Erhitzung zwar so lange stattfinden, als beide Apparate gleichmässig arbeiten. Sobald aber der Wind des einen Apparates stärker erhitzt ist, wird der kältere, daher dichtere Wind des anderen Apparates die Ueberhand gewinnen, er wird den heisseren Strom in dem ersten Apparate gleichsam stagniren machen, also eine immer höhere Erhitzung desselben veranlassen, während er selbst umgekehrt mit immer grösserer Geschwindigkeit durch den eigenen Apparat geht und daher immer kälter wird. So erklärt sich die eigenthümliche, in der Praxis unzählige Male beobachtete Erscheinung, dass bei einer derartigen Einrichtung die Röhren des einen Apparates verbrennen, während der andere bei ganz gleicher Heizung nur schwach erhitzten Wind liefert.

II. Regenerator-Winderhitzungsapparate.

Während der durch directe Zuführung von Feuergasen erhitzte Wind eine schlechte Wirkung äussert wegen seines grossen Gehalts an Gasen, welche bei der Verbrennung im Ofen unwirksam sind und Wärme absorbiren, so ist andererseits die Erhitzung in eisernen Röhren auch nur eine verhältnissmässig unvollkommene Benutzung der Wärme des verbrannten Brennmaterials, da selbst bei guten Einrichtungen die Feuergase noch mit einer Temperatur von vielen hundert Graden entweichen, so dass der Nutzeffect derartiger Apparate im Durchschnitt nicht über 50 Proc. angenommen werden darf, und eine Temperatur des Windes über 350° schon schwierig, über 600° gar nicht zu erzielen ist. Dagegen gewährt das von Siemens zuerst in die hüttenmännische Praxis eingeführte Regenerationsprincip die Möglichkeit einer vollständigeren Wärmeausnutzung und der Erzeugung einer höheren Temperatur. Es wurde zuerst von Krafft auf die Erhitzung der Gebläseluft anzuwenden versucht und im Jahre 1860 von Cowper wirklich benutzt, hat sich jedoch aus den weiter unten erläuterten Gründen keinen allgemeinen Eingang verschafft. In Deutschland hat man dieses Verfahren auf der Friedrich-Wilhelms-Hütte bei Siegburg, neuerdings auch zu Hörde in Westphalen angewendet, in England namentlich auf den bei Eston gelegenen Werken von Nord-Yorkshire.

Der Apparat ist in den Figuren 112 bis 114 abgebildet[1]. Man wird daraus leicht die Einrichtung und das Princip desselben erkennen. Es sind stets zwei Apparate *B* und *G* mit einander verbunden, wie Fig. 112 zeigt. Wir wollen annehmen, dass der Apparat *B* geheizt werde. Bei *A* (Fig. 113 und Fig. 114) liegt der Rost zur Feuerung. Die heissen

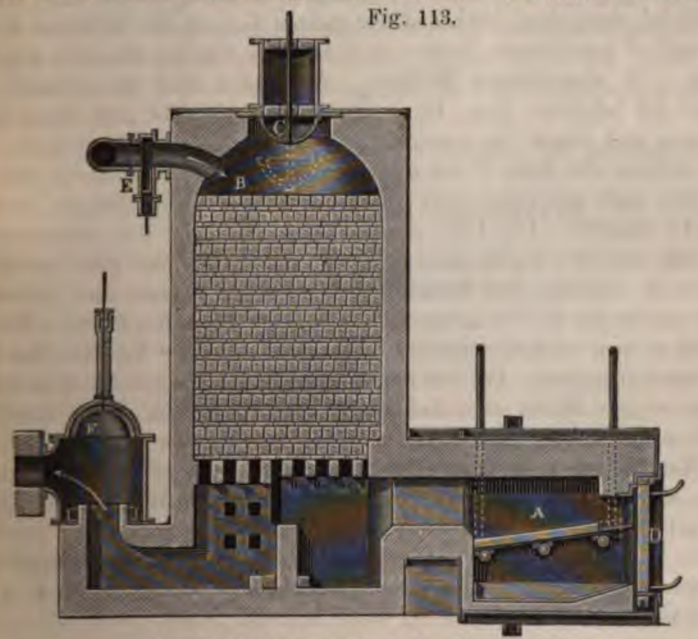
[1] Aus Dingler, Polyt. Journ. Bd. 158, S. 104.

Fig. 112.



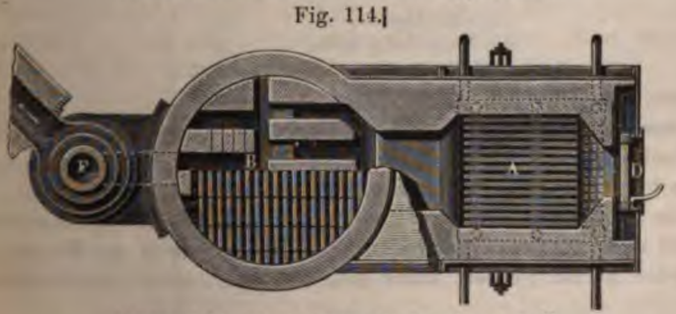
)bere Ansicht zweier zusammengehöriger Apparate. (In $^{1}/_{144}$ natürl. Grösse.)

Fig. 113.



Verticaldurchschnitt durch den Apparat *B*.

Fig. 114.



Horizontaldurchschnitt durch den Apparat *B*.

Regenerator-Winderhitzungsapparat. (In $^{1}/_{72}$ natürl. Grösse.)

Verbrennungsproducte ziehen in die runde Kammer *B*. Dieselbe ist mit zahlreichen (circa 16) Lagen feuerfester Steine ausgefüllt, welche unter einander schmale Zwischenräume frei lassen. Die schon vor dem Eintritt in die so gebildeten kleinen Canäle in mehrere Ströme gespaltene Flamme steigt aufwärts, giebt ihre Wärme an die feuerfesten, sehr bedeutende Berührungsfläche bietenden Steine ab und entweicht mit geringer Temperatur durch die in der punktirten Stellung (Fig. 113) befindliche Essenklappe *C* in die freie Luft. Zuerst werden die untersten Steine soweit erhitzt, dass sie keine Wärme mehr aufnehmen, allmälig die immer höher liegenden, und endlich entweichen die Gase mit einer zu hohen Temperatur, da sie keine Gelegenheit mehr finden, ihre Wärme hinreichend abzugeben. Während der ganzen Zeit ist der Schieber *E* und das Ventil *F* geschlossen, beide haben also die entgegengesetzte von der in Fig. 113 abgebildeten Stellung. Jetzt hört man mit Feuern auf, schliesst die luftdichte Thür *D*, so dass keine Luft mehr zum Roste dringen kann, und ebenso die Essenklappe *C*, öffnet dagegen den Schieber *E*, durch welchen der kalte Wind eintritt, und das Ventil *F*, durch welches die heisse Luft austritt. Jetzt haben alle Theile die Stellungen, welche Fig. 113 angiebt. Die Luft nimmt daher nunmehr den umgekehrten Weg, als vorher die Heizgase. Sie strömt bei *E* ein, geht durch die Kammer *B*, entzieht den feuerfesten Steinen die Wärme und entweicht erhitzt unterhalb *F* zur Leitung, welche zum Hochofen führt; während zugleich in dem zweiten Apparate *G* die Erhitzung der Kammer (des Regenerators) beginnt. Bei der hohen specifischen Wärme der feuerfesten Ziegeln — (im Mittel nach Schinz[1]) 0,2083 bei dem specif. Gewicht = 1,8, während Gusseisen eine specifische Wärme von 0,1298 bei 7,207 specif. Gewicht hat) — braucht man nur ein geringes Volumen heisser Ziegel, um ein grosses Volumen Luft zu erhitzen, denn die letztere hat bei 0,001299 specif. Gewicht eine specif. Wärme von 0,2669.

Die Wärmecapacitäten gleicher Volumina der feuerfesten Steine und der Luft verhalten sich daher wie 0,2083 . 1,8 : 0,001299 . 0,2669, d. h. = 0,37494 : 0,000350601.

Im Durchschnitt stellen sich die Wärmecapacitäten pr. 1 Cubikfuss[2])

von Gusseisen 50
von feuerfestem Stein . . . 19
von Luft 0,019

oder wie 2600 : 1000 : 1.

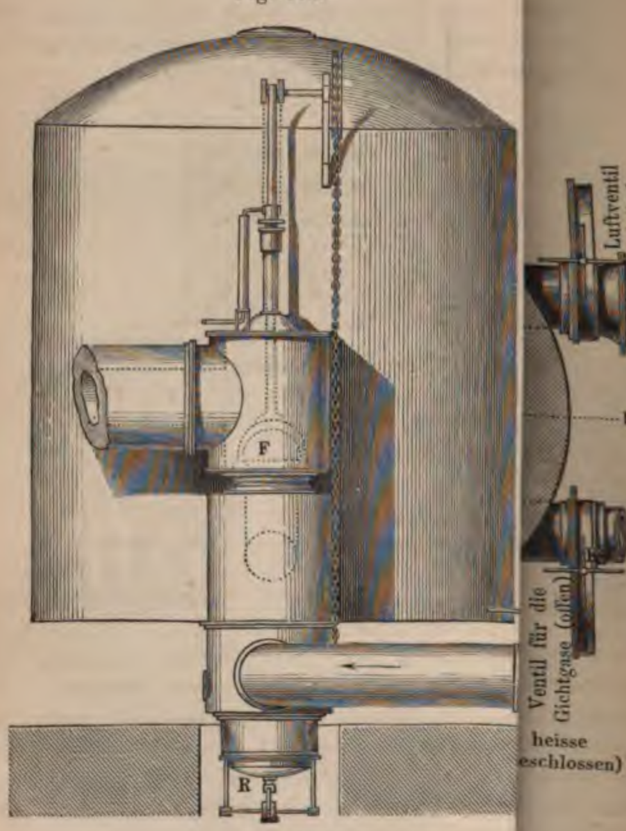
Dieselbe Wärmemenge, welche daher genügt, um 1 Cubikfuss feuerfeste Steine zu erhitzen, genügt um 1000 Cubikfuss Luft zu erhitzen.

In bestimmten Zeiträumen wechselt man nun stets in der Weise, dass der eine Apparat geheizt, der andere aber mittelst durchgeblasener kalter Luft enthitzt wird. Naturgemäss ist die Erhitzung des Windes während jeder solcher Periode keine gleichmässige, sondern die Temperatur

[1]) Compend. Tab. IV. — [2]) Schinz, Wärmemesskunst, S. 52.

(Zu Seite 150).

Fig. 118.



Seitenansicht.

19.

sinkt allmälig, aber die Differenz ist doch so unbedeutend, dass man bei regelmässigem Betriebe nur alle zwei Stunden zu wechseln braucht.

Der hier abgebildete Ofen ist zu Ormesby-Eisenhütte bei Middlesboro' von den Besitzern Cochrane gebaut worden und erhitzte circa 1000 Cubikfuss Luft pr. Minute auf 650 bis 700° C. Die durch die Esse abziehenden Heizgase zeigten durchschnittlich nur eine Temperatur von 50 bis 120° C. Die Temperatur der Gebläseluft variirte in den zweistündigen Perioden nur um 56 bis 83° C. Das die Ziegelsteinmasse enthaltende Gehäuse (der Regenerator) bestand aus einem schmiedeisernen Cylinder von $7^1/_2$ Fuss Durchmesser. Die Anordnung der Steine lässt sich in $^1/_{20}$ natürlicher Grösse aus den Figuren 115 bis 117 ersehen.

Fig. 115.

Horizontalquerschnitt.

Fig. 116.

Verticaler Längsschnitt.

Fig. 117.

Verticaler Querschnitt.

Anordnung der Steine in den Regeneratoren zu Ormesby.

Bei später gebauten Apparaten hatte der Generator 9 Fuss Höhe, 5 Fuss 10 Zoll Durchmesser, enthielt 250 Cubikfuss feuerfeste Steine und erhitzte 1000 Cubikfuss Luft auf 689 bis 705° C. Am Ende jedes Wechsels sank die Wärme auf 621° C. Bei achtwöchentlichem Betriebe der neuen Oefen ergab sich zum Erhitzen des Windes ein Verbrauch von 6 Centner Steinkohlen per ton (20 Ctr.) ausgebrachtes Eisen, während in gewöhnlichen Apparaten nur $5^1/_2$ Ctr. verbraucht wurden. Indessen wurde mit $^1/_2$ Ctr. mehr Kohlen in den neuen Apparaten der Wind um 195° C. höher erhitzt. Der Grund dieses verhältnissmässig noch ungünstigen Resultats wurde in dem schwachen Futter des den Regenerator umgebenden Mantels gesucht, welches nur aus 9 Zoll starken feuerfesten Steinen bestand [1]).

[1]) Dingler, Polyt. Journ. Bd. 158, S. 204.

Dieser Apparat vereinigt offenbar die Vortheile einer vol
ren Wärmeausnutzung mit der Möglichkeit, eine höhere Tempe
vorbringen zu können. Der Wärmeverlust besteht theoretisc
den durch die Feuergase aus der Esse mit fortgeführten un
durch Ausstrahlung der äusseren Wandungen verloren gehende
theilen, beides verhältnissmässig geringe Factoren. In der Pr
stellen sich noch andere Verluste und manche Schwierigkeiten
welche, wie gesagt, bisher eine allgemeine Verbreitung des I
tionsprincips bei der Winderhitzung verhindert haben.

Der grösste Uebelstand besteht in der Schwierigkeit, die
oder Ventile, namentlich die Thür, welche zum Roste und Aschen
dicht zu halten. Man hat sie, stark mit feuerfesten Steinen a
oder in Form eines mit Wasser gekühlten Kastens construirt, und
wird ein häufiges Springen oder Verwerfen kaum vermieden, w
Folge der hohen Temperatur, als vielmehr veranlasst durch d
und ziemlich plötzlich beim Wechseln des Apparates erzeugten Te
differenzen, welche in dem Wesen des Apparates begründet u
nicht zu vermeiden sind. In Folge dessen sind auch Windverlust
rig zu vermeiden und können hier leicht grösser werden, als bei
dung eiserner Röhren. Sodann versetzen sich die Zwischenrä
Theer und Asche, welche letztere die Oberfläche der Steine ve
und deren Wärmeleitungsfähigkeit dadurch beträchtlich ve
auch den Durchgang der Gase und der Luft hemmt. Der V
Pressung ist bei diesen Apparaten erfahrungsmässig nicht gr
bei anderen [1]) und beträgt durchschnittlich $^1/_{10}$ Pfund pro Qua
übrigens aber gilt auch hier dasselbe, was von der Reibung in d
renapparaten gesagt wurde: die durch sie verrichtete Arbeit ko
Lufterhitzung zu Gute.

Einen dieser Uebelstände hat man durch Anwendung d
Brennmaterialien zu vermeiden gesucht, welche keinen Theer u
Asche absetzen, namentlich gereinigter Hochofengase. In diese
fication hat sich der Apparat denn auch auf vielen Werken
obwohl die Schwierigkeit der Dichthaltung nicht vermieden wu
sich indessen dadurch bedeutend verminderte, dass man an Stelle
Feuerung verschliessenden Thür ein Ventil für die Gase und die
Verbrennung nöthige Luft anbrachte.

Die Figuren 118 bis 121 zeigen einen solchen Apparat [2]):

nten hinabsteigend. Während der Heizung sind die Ventile *K* und *L* geöffnet und gestatten den Gichtgasen sammt der zu ihrer Verbrennung nöthigen Luft, ersteren durch die Mitte, letzteren durch das concentrische Rohr *M* den Eintritt. Bei *A* beginnt die Verbrennung. Durch die Canäle *O* ziehen die abgekühlten Verbrennungsproducte zur Esse *P* (Stellung wie in Fig. 120). *R* ist ein Sicherheitsventil für den Fall einer Explosion. Dies Verfahren der Erhitzung von oben nach unten wird als besonders vortheilhaft geschildert, weil diejenigen Steine, welche am stärksten erhitzt werden, daher am leichtesten der Zerstörung ausgesetzt sind, den geringsten Druck auszuhalten haben, und weil ferner durch gleichmässiges Herabsteigen der allmälig kühler werdenden Gase eine Vermischung verschieden heisser Theile derselben verhindert wird.

Ist der eine Regenerator erhitzt und der andere von durchströmender kalter Luft enthitzt, so wird gewechselt, das Gasventil *K* und das Verbrennungsluftventil *L* geschlossen, ebenso das Essenventil *C*, dagegen das Ventil für den Zutritt der kalten Gebläseluft *E* und das für den Abgang der erhitzten Gebläseluft *F* geöffnet (umgekehrte Stellung wie in Fig. 120). Die Luft steigt nun von unten nach oben durch den Regenerator.

Beim Wechseln des Apparates lässt man die Gebläseluft in den erhitzten Ofen schon einziehen, bevor man sie von dem seiner Hitze beraubten absperrt, und es geht dieselbe daher einige Secunden lang durch beide Regeneratoren.

Im Allgemeinen hat sich bei Anwendung der Regeneratorapparate als wichtigster Vortheil die Möglichkeit herausgestellt, den Wind höher als in Röhrenapparaten (auf 500 bis 600° und darüber) erhitzen zu können, als Nachtheile dagegen sind anzusehen ihre in Vergleich mit Röhrenapparaten hohe Anlage- und Reparaturkosten. Wo man daher eine sehr hohe Temperatur nöthig zu haben glaubt, wird man trotz der Uebelstände auf den Regeneratorapparat angewiesen sein, wird aber dann stets gut thun, die gereinigten Gichtgase des Hochofens zu seiner Heizung zu verwenden. Koksofengase werden sich wegen der Versetzungen der Kammern durch Theer und feinvertheilten Kohlenstoff noch weniger als directe Steinkohlenfeuerungen empfehlen.

d. Windleitung zum Hochofen.

Vom Winderhitzungsapparate geht, wie bereits erwähnt, der erhitzte Wind entweder in einem ungetheilten Strome zum Hochofen, oder er theilt sich in mehrere, gewöhnlich soviele Ströme, als Formen vorhanden sind. Man nennt in letzterem Falle das Fortleitungsrohr, welches den Wind aus dem Erhitzungsapparate führt, das Vertheilungsrohr. Um für den Fall einer Reparatur am Winderhitzungsapparate nicht in die Lage eines gänzlichen Betriebsstillstandes zu kommen, ist es nöthig, die Einrichtung zu treffen, dass das Hauptwindrohr, welches den Wind zum Erhitzungsapparate liefert, mit dem Vertheilungsrohre in directe Verbin-

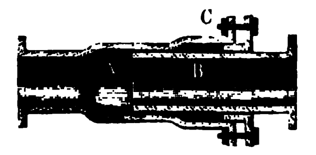
dung gesetzt werden kann. Ein für gewöhnlich an beiden Ausmündungen durch Schieberventile abgeschlossenes Rohr genügt hierfür vollständig. Hat man mehrere mit einander verbundene Erhitzungsapparate, so ist es noch nöthig, jeden einzelnen für sich absperren zu können. Es ist diese Einrichtung schon deshalb zweckmässig, um ein Mittel in der Hand zu haben, etwaige Windverluste controliren zu können. Marten[1] führt mit Recht an, dass oft Undichtigkeiten in den Winderhitzungsapparaten vorkämen, welche zu Verlusten von 500 bis 1000 Cubikfuss Wind pr. Minute Veranlassung gäben. Uebrigens aber ist es auch durchaus nöthig, beim Stillstand des Gebläses einen vollständigen Abschluss der Röhren in den Erhitzungsapparaten von der zum Ofen führenden Leitung zu haben, da sonst leicht Gase aus dem Ofen zurückdringen und gefährliche Explosionen veranlassen können.

Je heisser der Wind ist, je grösser daher die Differenz zwischen seiner und der Temperatur der Atmosphäre, um so mehr ist er relativ der Abkühlung ausgesetzt. Um ihn hiervor so viel wie möglich zu schützen, ist erstens eine möglichst kurze Leitung vortheilhaft, und zweitens ein Umhüllen der Röhrentour mit schlechten Wärmeleitern. Man umgiebt sie daher mit Lehm (gemischt mit Stroh oder Werg), mit einem durch Holzverschalung gebildeten lufterfüllten oder durch Blechmantel hergestellten mit Sand, Schutt etc. gefüllten ringförmigen Raume.

Dieser Theil der Röhrentour ist trotz solcher Vorsichtsmaassregeln wegen des Wechselns der Temperatur von aussen und innen dem Undicht- und Schadhaftwerden am meisten ausgesetzt. Um schadhafte Röhrenstücke leichter auswechseln zu können, zieht man bei hohen Windtemperaturen die an sich unvortheilhaftere Flanschenverbindung der Muffenverbindung vor und dichtet die Flanschen durch eingepresste Kupferdrahtringe.

Compensationen. Es sind ferner, namentlich bei sehr hohen Windtemperaturen, Compensationen erforderlich, welche eine freie Ausdehnung der Röhren gestatten. Man benutzt hierzu entweder die Muffencompensation, welche in Fig. 122 abgebildet ist, und bei der sich das Rohr *B* in dem abgedrehten Stück *A*

Fig. 122.



Muffencompensation.

Fig. 123.



Scheibencompensation.

[1] Op cit. p. 74.

rschieben kann, während bei C eine Stopfbüchse angeordnet ist, oder an bedient sich der Flanschen- oder Scheibencompensation, welche Fig. 123 abgebildet ist. a und b sind zwei Röhrenenden mit Flanschen. n dieselben sind die tellerförmigen Blechstücke cc und dd angeschraubt, elche mit ihren Rändern e und f unter einander vernietet sind und in olge ihrer Elasticität hinreichend der Ausdehnung der Röhrentouren und b folgen können.

Auch bedient man sich eines ⎍ förmigen in die Leitung eingehalteten Rohrstückes, welches dann aber aus Schmiedeisen oder Kupfer in muss.

Wie wichtig die Compensation bei hohen Temperaturen ist, ergiebt ch daraus, dass die Längenausdehnung des Gusseisens bei jedem Grad ärmezunahme = 0,0000111 [1]), folglich bei 500° = 0,00555 ist, und ch daher eine 15 Fuss lange Leitung bei dieser Temperatur schon um Zoll verlängert.

Vertheilungsrohr. Der Wind wird, abgesehen von den ganz kleien, nur mit einer einzigen Windeinführungsöffnung versehenen Holzohlenhochöfen, auf mehreren Seiten in den Hochofen eingeführt. Bei rösseren Holzkohlenhochöfen und kleineren Koksöfen finden sich zwei egenüberliegende Windzuführungen, bei Kokshochöfen gewöhnlicher Diension drei solcher, von denen eine der Arbeitsseite gegenüber angeracht ist, grosse Koksöfen erhalten dagegen vier und mehr gleichmässig n Umfange vertheilte Oeffnungen. Es ist aus diesem Grunde in den bei Veitem meisten Fällen nöthig, den Wind aus der Hauptröhrenleitung und um den Ofen mit Ausnahme der Arbeits- (Brust- oder Vorder-) Seite u führen. Das Vertheilungsrohr wird daher in einem entsprechenden ogen (einem Halbkreis bei zwei und drei Zweigen, $^3/_5$ Kreis bei vier weigen u. s. w.) um den Ofen herumgeführt. Bei denjenigen älteren onstructionen, bei denen das Gestell des Ofens eng an das Rauhgemäuer nschliesst, legt man das Vertheilungsrohr unter die Sohle des das Rauhemäuer von Formgewölbe zu Formgewölbe durchziehenden gewölbten anges, wie dies Fig. 124 (a. f. S.) zeigt, wo W das Hauptrohr ist, $E_1 E_2$ as im Rauhgemäuer M liegende Vertheilungsrohr. In diesem Falle üssen die Verzweigungen, welche den Wind in den Ofen führen, zuerst enkrecht aufsteigen (A, F_2, F_1) und gehen dann erst in drei wieder orizontalen Theilen (G, C und G_2) zum Ofen. Diese doppelte, meist urch Bogenstücke vermittelte Curve lässt sich deutlicher aus Fig. 32 zu eite 34 ersehen. Diese Anordnung hat den Nachtheil, dass das Vertheiungsrohr sehr ungünstig für Reparaturen gelegen ist. Das Einfachste äre das Vertheilungsrohr und die einzelnen zu den Formen führenden weige desselben in ein und dasselbe Niveau und zwar das der Formen

---

[1]) Weisbach, Ingenieur- u. Maschinenmechanik, Bd. II, S. 200.

selbst zu legen, dem steht aber entgegen, dass bei einer solchen Anordnung die Passage zwischen den Formgewölben und namentlich alle Arbeiten an der Form sehr gehindert würden, ferner dass sich die Veränderung in der Stellung des Mündungsstückes nur schwierig und unvollkommen bewerkstelligen liesse.

Wenn man daher Raum dafür gewinnen kann, wie dies bei den Oefen mit freistehendem Gestell, namentlich solchen, bei denen das Rauhgemäuer

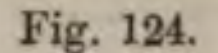
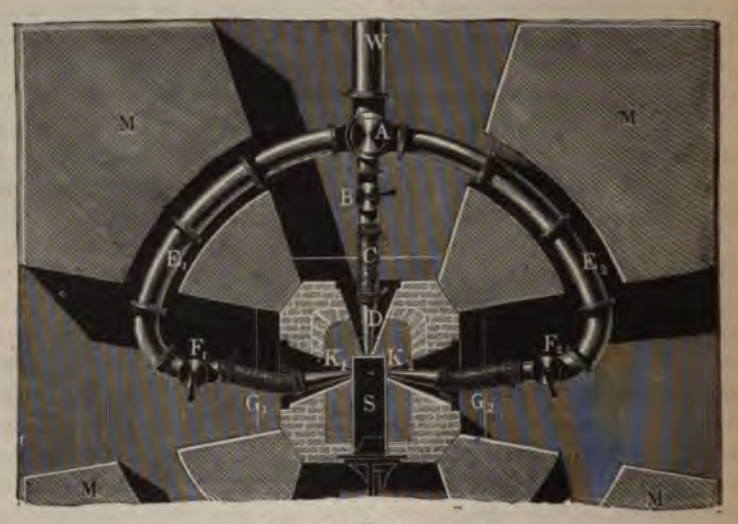


Fig. 124.



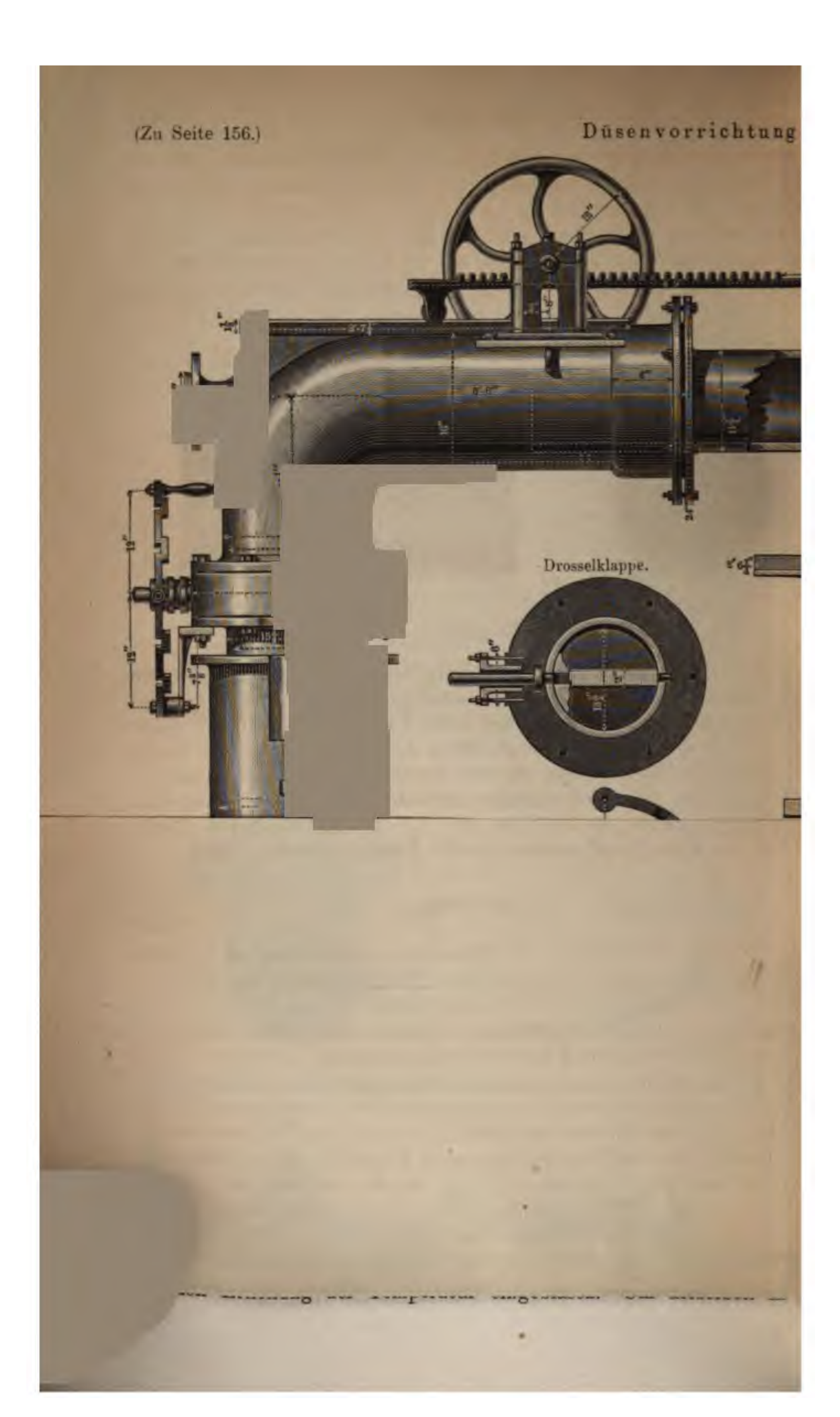
Tiefliegendes Vertheilungsrohr.

des oberen Theiles auf eisernen Säulen oder Stützen ruht, keine Schwierigkeit hat, so zieht man es vor, das Vertheilungsrohr in solcher Höhe anzubringen, dass man ohne Schwierigkeit darunter gehen und arbeiten kann, und die Zweigröhren von dort aus abwärts zu führen, wie dies in Fig. 4, 6 und 13 dargestellt ist. Es wurde bereits Seite 16 darauf hingewiesen, dass eine solche Einrichtung den Vortheil habe, ein tieferes Eindringen der Schlacke bei plötzlicher Abstellung des Windes zu verhüten. Gegen den Nachtheil, dass bei solcher Einrichtung die Hochofengase leichter in die Leitung zurückströmen, kann man sich ohne Schwierigkeit durch Schluss der Ventile schützen, welche in Form von Drosselklappen oder Schiebern ohnedies zur Regulirung der Windmengen an jedem Zweigrohre angebracht sein müssen.

Vorrichtungen zum Einblasen von festen Substanzen. Man hat zuweilen mit Erfolg bei Unregelmässigkeiten des Hochofenganges Substanzen, welche leichtflüssige Schlacken hervorbringen, wie Chlor- oder Fluorverbindungen, z. B. Kochsalz oder Flussspath oder Kohlenstaub zur örtlichen Erhöhung der Temperatur eingeblasen. Um dieselben in be-


THE NEW YORK
PUBLIC LIBRARY

Düsenvorrichtung



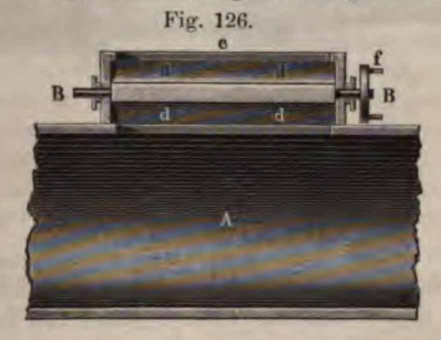
immten Quantitäten ohne Störung in das Windleitungsrohr und auf ese Weise mit dem Windstrome in den Ofen zu befördern, bringt man genannte Wechselladen an. Die Figuren 125 und 126 zeigen eine lche. Auf dem horizontalen zum Ofen führenden Windrohre A befindet ch angegossen oder angeschraubt das im Inneren cylinderförmig ausedrehte Stück B, welches oben eine schlitzförmige Oeffnung c hat. In

Fig. 125.



Querschnitt.

Fig. 126.



Längsschnitt.

Wechsellade.

mselben bewegt sich die eingeschmirgelte Wechsellade, welche mit rei entgegengesetzt liegenden, zuweilen auch vier oder mehr ringsum rtheilten halbkreisförmigen Einschnitten $d\,d$ versehen ist. Die Wechselde ist auf einer Welle befestigt, deren Zapfen in Stopfbüchsen laufen, d kann von aussen durch das mit Handgriffen versehene Rädchen f dreht werden. Man füllt den oben stehenden Schlitz mit der betreffenn Substanz, dreht die Lade um 180° herum und befördert so die erere in das Rohr A, aus welchem sie der Wind in den Ofen führt.

e. Die Düsen.

Das Ende jedes Zweiges der Windleitung wird durch ein konisches tück, die Düse (*blast-pipe*), gebildet. Dieselbe besteht aus Gusseisen, ur bei kleinen mit kalter Luft betriebenen Hochöfen aus Blech. Sie muss ine bestimmte, aber Veränderungen zulassende Lage haben, darf daher it dem Windleitungsrohre nicht fest verbunden sein. Bei kaltem Winde chaltet man zu diesem Zwecke zwischen Düse und Windleitungsrohr einen ederschlauch (vgl. Fig. 124) ein. Bei warmem Winde ist dies nicht zuläsig. Um die Verstellbarkeit der Mittellinie in diesem Falle zu ermöglihen, bedient man sich der Kugelgelenke K, Fig. 127 (a. f. S.), um aber auch ie Düse vom Ofen entfernen zu können, macht man das letzte Röhrentück vermittelst einer Stopfbüchse im Leitungsrohre verschiebbar, wie ies gleichfalls die Fig. 127 zeigt, in welcher C das in E verschiebbare öhrenstück ist. Man kann, um die Stellung der beiden Röhrenstücke lbst gegeneinander zu reguliren, sich sehr verschiedener mechanischer

Vorrichtungen bedienen. Die hier angedeutete Schraube *FG*, welche durch die Kurbel *H* gedreht wird, ist wegen der Querschnittsverengung

Fig. 127.



Düsenvorrichtung mit Kugelgelenk.

durch die Mutter *F* nicht vortheilhaft. Besser ist deshalb eine ausserhalb des Rohres liegende Bewegung durch Zahnstangen.

Eine solche ist in den Figuren 128 und 129, welche einen Düsenapparat zu Königshütte in Oberschlesien abbilden, dargestellt. Hier ist von Aussen mit dem Kugelgelenk eine Zahnstange verbunden, vermittelst deren die Düse vor- und rückwärts geschoben werden kann. Eine zweite Stopfbüchse befindet sich in dem verticalen Theile des Windrohres und ermöglicht eine bedeutendere Differenz in der Höhe der Düse auszugleichen, als es durch das Kugelgelenk allein möglich ist und zwar ohne die Axe der Düse selbst zu verändern.

Das Endigungsstück, welches, wie erwähnt, Düse genannt wird, ist an seiner Mündung nicht von der Weite der Windleitung, sondern konisch verengt. Es hat dies zwei Gründe. Erstens ist der Ausflusscoëfficient bei konischen Röhren am grössten, wenn dieselben 6^0 Seitenconvergenz haben und fünfmal so lang als im Mittel weit sind. Er ist dann 0,86, während er bei cylindrischen Ausflussröhren nur 0,74 ist [1]), zweitens aber bedingt die Grösse der Düsenöffnung die Pressung oder die Quantität des zum Ofen gelangenden Windes. Diese Oeffnung muss daher eine ganz bestimmte Grösse haben, während die Windleitung selbst einen von anderen Umständen (Reibung, Erhitzung u. s. w.) abhängigen Durchmesser hatte. Die Grösse des Düsendurchmessers schwankt zwischen 1 und 5 Zoll. Bei Holzkohlenhochöfen mit einer Düse beträgt dieselbe $1^1/_2$ bis $2^5/_8$ Zoll, bei solchen mit zwei Düsen 1 bis $2^1/_2$ Zoll, bei Koksöfen mit 2 bis 3 Düsen $2^1/_4$ bis $3^3/_4$ Zoll, bei solchen mit mehr Düsen 2 bis $3^1/_2$ Zoll. Nur bei einzelnen grossen Holzkohlenhochöfen in Sibirien kommen Düsen von 5 Zoll vor [2]) und in Belgien hatte man bei Koksöfen längere Zeit hindurch 4 Zoll weite Düsen eingeführt.

---

[1]) Bei genau geformten Ausflussöffnungen hat Weisbach zwar 0,917 gefunden, für die Praxis aber nehmen Schmidt, Hauer u. A. 0,86 als richtig an. …h hatte 0,85 gefunden, conf. Weisbach I, S. 588, Hauer S. 11 — [2]) Kerl … 272.

Selten und nur versuchsweise hat man Düsen von anderer als einfacher konischer Form angewendet. So hat Truran zwei concentrische Röhren in einander gelegt, welche dem Ofen Wind von verschiedener Pressung oder Temperatur zuführen sollen. Aehnliche Formen sind auch gewählt worden, um Gichtgase oder Generatorgase, gemischt mit Gebläseluft, einzublasen.

Das Quantum des aus den Düsen strömenden Windes, der Querschnitt der Düsenöffnung und die Pressung stehen in bestimmtem Abhängigkeitsverhältniss. Zwei der Factoren geben immer die Grundlage zur Berechnung des dritten. Ferner stehen wieder Pressung und Windtemperatur in Abhängigkeit von einander. Es ist daher nöthig, zur Berechnung der Windmengen Pressung und Temperatur des Windes zu kennen. Man findet sie durch Messung mit den im folgenden Capitel beschriebenen Instrumenten.

f. Instrumente zum Messen der Windpressung und Windtemperatur.

a. Windpressung.

Die Instrumente, welche dazu dienen, die Windpressung zu messen, nennt man Windmesser oder Manometer. Man vergleicht den Ueberdruck des Windes über den Druck der Atmosphäre auf einen gewissen Querschnitt mit dem Drucke einer Quecksilber- oder Wassersäule auf denselben Querschnitt und unterscheidet in letzterer Beziehung Quecksilber- und Wassermanometer. Die meisten Manometer bestehen in einem communicirenden Rohre, dessen unterer Theil mit der betreffenden Flüssigkeit erfüllt ist. Der eine Schenkel steht mit der Röhrenleitung, welche die comprimirte Luft enthält, der andere mit der atmosphärischen Luft in Verbindung. Die Wassermanometer sind bei Hochöfen ganz ausser Gebrauch gekommen, weil bei einigermaassen starkem Luftdruck die demselben das Gleichgewicht haltende Wassersäule zu hoch ausfallen müsste.

Man braucht deshalb gegenwärtig stets Quecksilbermanometer, welche wegen ihrer bequemen und compendiösen Form leichter von Ort zu Ort zu transportiren sind, oder wenn sie stetig an der Windleitung befestigt sind, weniger Raum wegnehmen und daher weniger bei der Arbeit hinderlich und auch weniger Beschädigungen durch die Arbeiter ausgesetzt sind.

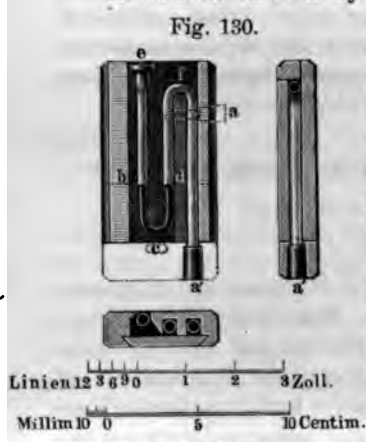
Man bringt gewöhnlich ein Manometer in der Nähe der Gebläsemaschine an und eins an jedem zum Ofen führenden Zweigrohre, um so die Veränderung des Druckes in der ganzen Röhrenleitung kennen zu lernen. Kennt man nämlich den constanten Verlust an Pressung, welchen die ganze Gebläsevorrichtung im normalen Zustande erleidet, so wird ein am Manometer sich kundgebender grösserer Druckverlust unmittelbar auf schadhafte Stellen (Undichtigkeiten u. dgl.) hinweisen und zu näheren Untersuchungen der einzelnen Theile des Apparates auffordern.

So nothwendig solche Instrumente sind, so schwierig ist es, dieselben in der Nähe der Düse vor dem Zerbrechen auf lange Zeit zu schützen und deshalb empfiehlt es sich oft, solche Manometer anzuwenden, an denen man alle Reparaturen ohne Hülfe des Mechanikus selbst ausführen kann.

Hebermanometer. Die gebräuchlichsten Manometer sind die Hebermanometer mit einem gebogenen Glasrohre. Fig. 130 zeigt ein solches sehr einfaches Manometer mit Holzverbindung, wie es von Tunner[1]) beschrieben ist.

Es besteht in einer cylindrischen Glasröhre, deren innere Weite 2 bis 3 Linien Durchmesser hat, und die in der Richtung von *a'fce*, also zweimal parallel umgebogen ist, oder auch in der Richtung *afce*, wenn sie nicht auf, sondern seitwärts in das Windrohr eingesetzt werden soll. An dem Ende *a'* (beziehungsweise *a*) ist das Rohr mit einem übergeschobenen (durchbohrten) Korkpfropfen versehen, dessen äusserer Umfang der in der Windleitung angebrachten Oeffnung (einem gebohrten und ausgeschmirgelten Loche) entspricht; bei heissem Winde nimmt man statt des Korkes weiches Holz oder mit Eisenkitt umschmierte Bindfäden. Man füllt das Rohr bis etwa zu *bd* mit Quecksilber, befestigt es mit Draht auf einem mit Seitenleisten und einer verglaseten Schiebethür versehenen Brette und klebt dann eine auf Papier gezeichnete Scala an, deren Nullstrich mit dem Niveau des Quecksilbers harmonirt. Setzt man nun den Apparat mit dem Pfropfen *a'* oder *a* luftdicht in die Oeffnung der Windleitung, so drückt der Wind, der in dem Schenkel *a'f* aufsteigt, auf den Quecksilberspiegel bei *d* und das Quecksilber steigt bei *b* in die Höhe. Vorausgesetzt, dass die Schenkel senkrecht stehen, wird die Differenz in der Höhe beider Quecksilberspiegel den Druck der Luft angeben. Die Scala ist von dem Nullpunkte bei *bd* in aufwärts oder abwärts steigender Richtung nach Maass- oder Gewichtseinheit eingetheilt. Jeder Zoll, Decimeter oder jede sonstige Längeneinheit, mit der man die Differenz der Höhe beider Quecksilberspiegel misst, entspricht nämlich einem bestimmten durch Pfunde, Kilogramme oder jede andere Gewichtseinheit ausdrückbaren Gewichte der Luft. Da in jedem Falle die Höhe, bis zu welcher das Quecksilber über dem Nullpunkte steht, gleich der Tiefe ist, bis zu welcher dasselbe im zweiten Schenkel unter den Nullpunkt fällt, so ist die Differenz der Spiegel stets zweimal so gross, als jede dieser einzelnen Grössen. Man braucht daher

Fig. 130.



Tunner's Manometer.

[1]) Stabeisen- und Stahlbereitung, Bd. II, S. 241.

wirkliche Differenz zu bestimmen, nur die an der Scala direct
ne Höhe, um welche das Quecksilber in dem einen Schenkel ge-
ist, jedesmal zu verdoppeln, oder man theilt die Scala in halbe
äbe ein, so dass z. B. die Bezeichnung 1 Zoll, 2 Zoll u. s. w. an
liche Höhe von 1/2, 1 Zoll u. s. w. gesetzt wird.

Deutschland wie in England richtet man die Scala meist derartig
auf der einen Seite Zolle angegeben sind, auf der anderen Pfunde.
eine Säule von 28 Zoll Quecksilber einer Luftsäule von einer
häre, welche mit ungefähr 14 Pfund auf den Quadratzoll drückt,
ichgewicht hält, so entsprechen stets zwei Zoll Quecksilbersäule
Pfunde Luftdruck, oder ein Zoll einem halben Pfunde. Genauer
ht der Luftdruck von 14,103 Zollpfund auf einen preussischen
der 20617 Zollpfund auf 1 □Meter einer Quecksilbersäule von
ser Zoll oder 28,98 preuss. Zoll oder 75,80 Centimeter.
entspricht daher einem

Luftdruck über den äusseren Atmosphärendruck von Zollpfund.	Eine Quecksilbersäule von Centimeter.	Eine Quecksilbersäule von preuss. Zoll.
1	5,4	2,05
2	10,7	4,1
3	16,1	6,2
4	21,5	8,2
5	26,9	10,3
6	32,2	12,3
7	37,6	14,4
8	43,0	16,4
9	48,3	18,5
10	53,7	20,5
11	59,1	22,6
12	64,5	24,6
13	69,8	26,7
14	75,2	28,8

e bereits erwähnt, muss man behuf directer Ablesung des wirk-
Druckes an der Scala die Bezeichnung der Zoll- oder Cen-
ängen, um welche das Quecksilber in dem einen Schenkel über
llpunkte steht, verdoppeln. Wenn also das Quecksilber in Wirk-
um 1 Zoll Höhe über den Nullpunkt gestiegen ist, so findet
t die Bezeichnung 2 Zoll oder 1 Pfund, bei 2 Zoll Höhe die Be-
g 4 Zoll oder 2 Pfund u. s. f.

weilen ist es vortheilhaft für die anzustellenden Berechnungen,
ddruck in Längen einer Wassersäule auszudrücken. Da nun Was-
meter aus den angeführten Gründen, zu denen sich noch die Un-
t des Beobachtens in Folge der bedeutenden Schwankungen im
piegel bei wechselnder Windpressung gesellt, unzweckmässig s

so benutzt man nichtsdestoweniger das Quecksilbermanometer, man theilt jeden Zoll oder Centimeter der Scala in 13,6 oder ru Theile, dann entspricht jeder dieser Theile einem Zoll Wassersäu das specif. Gewicht des Quecksilbers = 13,6 ist. Oft bringt mai an dem Schenkel, in welchem das Quecksilber steigt, die eine, ai in welchem es fällt, die andere Eintheilung an.

Die Eintheilung bis zu $^1/_{16}$ Pfund oder $^1/_8$ Zoll genügt für die in allen Fällen, wo man nicht besondere theoretische Untersuch anstellen will.

Die verschiedenen, ursprünglich sehr einfachen Manometer sin fach verbessert worden, aber tragen dann stets den Mangel an schwerer herstellbar zu sein. Zur Genauigkeit trägt wesentlich di bindung des Glasrohrs mit einer Metallplatte bei. Ein derartige faches und daher noch praktisches, sehr gebräuchliches Manometer Fig. 131 abgebildet. Das auf einer Messingplatte befestigte heberfö

Fig. 131.



Rohr ist bei *t* rechtwinklig umgebogen, geht eine Oeffnung hinter der Metallscheibe abwärts mündet in die Metallröhre *a*, welche auf die Wi tung aufgesetzt wird. Die Scala *d* besitzt die ge liche Theilung. Um die Schenkel leicht senkrecht len zu können, ist das Loth *l* angebracht.

Um die Oscillationen der Quecksilbersäule, wel Folge der Trägheit des Quecksilbers grösser aus als die Unregelmässigkeiten des Windstromes [1], zu mindern und dadurch die Beobachtungen zu erleic verengt man das Rohr an seinem unteren zwische beiden senkrechten Schenkeln gelegenen Bogen b $^1/_3$ — $^1/_4$ des übrigen Querschnittes, am zweckm sten durch einen Hahn, durch dessen Drehung si für die Praxis am besten entsprechende Verhältnis in jedem Falle reguliren lässt.

Um in dem Falle, in dem man nicht festste Manometer anwendet, das Quecksilber beim Tra nicht zu verschütten, bringt man an der dem Wi zugekehrten Mündung einen Hahn an, an dem c mit der Atmosphäre communicirenden Rohrtheile aber ein Vers schräubchen [2]).

Schwierig ist eine auch nur für die Praxis genügende Ge keit bei hocherhitztem Winde zu erreichen. Bekanntlich siedet das (silber schon bei 360° C., und schon unter dieser Temperatur find starke Verdampfung [3]) statt, welche schnell die Quecksilbermenge v gern und ungenaue Beobachtungen veranlassen würde. Man darf

---

[1]) Kerl, Bd. I, S. 664; Scheerer, Bd. I, S. 457. — [2]) Hauer, I wesen-Maschinen Taf. I, Fig. 12. — [3]) Wassermanometer sind wegen de leichteren Verdampfung bei erhitztem Winde ganz unanwendbar.

tweder bei jeder Messung nur auf einige Augenblicke den Wind ein-
ten lassen, so dass das Quecksilber nicht Zeit hat, sich hinlänglich zu
wärmen, oder man muss wenigstens den der Windleitung zunächst lie-

Fig. 132 bis 135.

Verticaler Längsschnitt. Vorderansicht. Seitenansicht.



Oberansicht.
Karsten's Manometer.

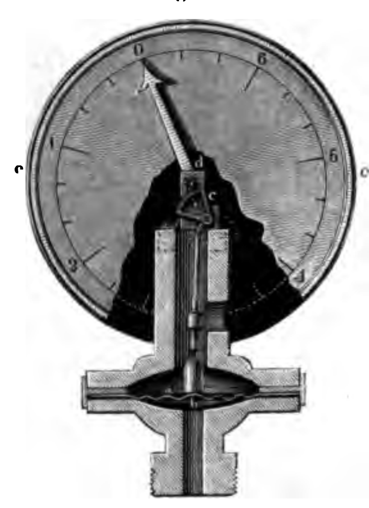
genden Schenkel durch Wasser kühlen. **Das Erstere erreicht man a**
einfachsten durch Oeffnen und Schliessen eines Hahnes, und die nach Kar-
sten's Angaben [1]) in dieser Weise construirten, in Fig. 132 bis 13
(s. vor. S.) abgebildeten Manometer werden namentlich auf schlesisch
Eisenwerken sehr häufig benutzt.

Die Glasröhren befinden sich in einem ganz von gegossenem Eis
angefertigten Gehäuse. Nur die Schrauben und Hähne *s* bestehen a
Schmiedeisen. Die Scala ist von Messing [2]). Der Sperrhahn, welch
erst in dem Augenblicke des Beobachtens geöffnet wird, befindet sich a
oberen Ende des vertical aufsteigenden Rohres.

Da indessen trotzdem bei sehr heissem Winde eine schnelle Vermin-
derung des Quecksilbers kaum zu vermeiden ist, so thut man gut, d
Scala durch eine Stellschraube auf dem Brette oder der Metallplatte, a
welcher das Manometer befestigt ist, verschiebbar zu machen, so d
man den 0-Punkt leicht auf das Niveau der im Gleichgewicht befind-
lichen Quecksilbersäule einstellen kann.

Gefässmanometer. Gefässmanometer, d. h. solche, bei de
(wie bei den Gefässbarometern) die comprimirte Luft auf eine verhält-
mässig sehr grosse Oberfläche von Quecksilber drückt, während d
Steigung des letzteren nur in einem schwachen Rohr abgelesen wi
wendet man in der Praxis selten an. Sie haben zwar den Vortheil, d
man, da der Flüssigkeitsspiegel in dem Gefässe nur sehr wenig sinkt
diese Differenz der beiden Spiegel vernachlässigen und die ganze Hö
der Steigung direct an der Scala d
Rohres ablesen kann, aber sie si
unbequem in der Handhabung, schw
zu repariren oder gar zu ersetzen.


Fig. 136.


Metallmanometer.

Metallmanometer. Nicht s
ten finden in neuerer Zeit die
sprünglich nur auf höhere Sp
nungen berechneten Metallma
meter, welche bei Dampfk
vielfach benutzt werden, zur M
sung der verhältnissmässig gering
Windpressungen Anwendung. Ih
Wirkungen beruhen bekanntlich a
den Formänderungen, welche met
lene Gefässe in Folge innerer o
äusserer Pressung auf ihre Wä
annehmen. Namentlich hat sich
von Schäffer und Budenb
construirte, in Fig. 136 abgebil

[1]) Eisenh. Taf. IX, Fig. 17 bis 20. — [2]) Karsten Bd. II, S 575.

verschafft[1]). Der unterhalb der gewellten Stahlplatte *a* und der
ıtz der ersteren dienenden Gummischeibe *b* zutretende Wind biegt
je nach dem Druck mehr oder weniger durch und hebt dadurch
ıf ruhende Stange, welche durch Räderübersetzung *c* die Bewe-
f den Zeiger *d* überträgt. Die Eintheilung der Scheibe *ee* ist dem
ɔermanometer entsprechend empirisch angefertigt und mit der
ung Pfunde, Zolle u. s. w. versehen.

anderen Formen der ursprünglich zum Messen von Dampf-
ɣen construirten Metallmanometer, wie die von Gäbler und
ɩus mit doppelter gewellter Stahlplatte, die von Schinz und
n mit hohler Metallspirale u. s. w.[2]), können ebenso gut benutzt

b. Temperatur.

die Temperatur der Gebläseluft zu bestimmen, bedient man sich
)0° mit hinreichender Genauigkeit für die Praxis des Quecksil-
ometers, welches in eine dazu bestimmte Oeffnung in der Wind-
ermittelst eines Stopfens eingesetzt wird. Höhere Temperaturen
man durch Pyrometer, deren Construction theils auf der ver-
n Ausdehnung, theils auf den verschiedenen Schmelzpunkten der Metalle und Metalllegirungen beruht. Ein Pyrometer, für welches ein aus Kupfer und Stahl zusammengesetzter sogenannter Compensationsstreifen benutzt wird, ist in Fig. 137 abgebildet[3]); *fgh* ist der aus Kupfer und Stahl zusammengelöthete Compensationsstreifen, welcher bei *f* befestigt ist. Gegen das lose Ende des Streifens *h* lehnt sich der kürzere Arm eines Hebels ab, dessen grösserer Arm *oa* mit Zähnen *cd* versehen ist und die Bewegung durch ein Triebwerk auf die Nadel *zz* überträgt. Bei erhöheter Temperatur krümmt sich der Streifen stärker, bei
er streckt er sich. Damit in letzterem Falle der Zeiger der
ɣigen Bewegung folge, ist an seiner Axe eine Spiralfeder *s* an-

Fig. 137.



[1]) holl, Führer des Maschinisten S. 169. — [2]) Loc. cit. S. 170. —
et-Müller, Lehrb. d. Physik, 1864. II. S. 565.

gebracht. Das Instrument wird beim Gebrauch in eine uhrgehäu
Kapsel, welche mit der Windleitung in Verbindung steht, eingese

Gleichfalls auf der ungleichmässigen Ausdehnung verschiede
talle in der Wärme beruht das Gauntelett'sche Pyrometer, wel
Fig. 138 und 139 abgebildet ist. Es sind hierbei ein Messing

Fig. 138. Fig. 139.



[illegible] Ansicht des Gauntelett'-[illegible] [illegible] nat. Grösse.

Durchschnitt des Gauntelett'sc Pyrometers. Nat. Grösse.

[illegible]stab P durch einen Niet C unverrückbar mit einand
[illegible] Auf das obere Ende des Eisenstabes stützt sich ein i
[illegible] ruhendes Stahlstäbchen x, welches mit seiner anderen Spi
[illegible] Triebwerk eines Zeigers (w, y, z) drückt. Die Feder F ver

die ruhige ununterbrochene Anlage zwischen beiden Theilen. Setzt man das unterhalb des Konus AA, welcher das in die Röhrenleitung gebohrte Loch verschliesst, liegende Rohr, dem man eine Länge von 18 Zoll bis zu 5 Fuss giebt, dem erhitzten Winde aus, so dehnt sich das Messingrohr mehr als der Eisenstab aus. Die das ganze Triebwerk umgebende Kapsel BB sitzt fest am Messingrohr RR und da mit ihr die Axen des Triebwerks verbunden sind, so ändert sich seine relative Stellung gegen das Rohr nicht. Der Eisenstab P, welcher sich weniger ausdehnt, bleibt dagegen zurück. Das Lager c und damit der Stab x sinken gegen das Triebwerk herab, alle Theile des letzteren, von der Feder F gedrückt, folgen und der Zeiger bewegt sich.

Diese Manometer, welche von Schäffer und Budenberg in Buckau-Magdeburg, denen der Bearbeiter auch die Zeichnungen und übrigen Angaben verdankt, verfertigt werden, haben sich auf mehreren Hüttenwerken, z. B. Königin-Marienhütte bei Zwickau, vollständig bewährt. Man muss beim Gebrauch nur das Rohr RR vor Beulen schützen. Die Oeffnung, in welche das Rohr R eingelassen wird, befindet sich am besten am Knie der Windleitung in der Axe des verticalen Rohrstückes, gleichgültig ob das letztere abwärts oder aufwärts führt.

Die Eintheilung wird von den Fabrikanten folgendermaassen hergestellt. Ein Oelbad wird erhitzt, die Temperatur an einem genauen Quecksilberthermometer bis zu 300° abgelesen und auf dem Instrumente der jedesmaligen Zeigerstellung gemäss angetragen. Die weitere Eintheilung erfolgt nach Maassgabe der erhaltenen Grade gleichmässig unter der Voraussetzung, dass die Längenausdehnungen beider Metalle in höheren Temperaturen in demselben Verhältnisse fortschreiten. Die Erfahrung hat gelehrt, dass das Instrument bis zu einer Temperatur von circa 800° oder bis zu anfangender Kirschrothgluth des Messings und Eisens gebraucht werden kann, ohne Schaden zu nehmen, d. h. dass es beim Erkalten stets wieder auf den 0° zurückgeht. Es reicht daher vollständig zum Messen der gewöhnlich vorkommenden Windtemperaturen aus.

Häufig benutzt man den Schmelzpunkt verschiedener Metalle zur Bestimmung des Temperaturgrades. In England namentlich wendet man Stängelchen von Blei oder Zink an. Da Blei bei 334°, Zink aber erst bei 411° schmilzt, so ist das Flüssigwerden des ersteren bei gleichzeitigem Starrbleiben des zweiten ein Beweis, dass die Temperatur sich innerhalb der beiden angegebenen Schmelzpunkte und somit innerhalb der gewünschten Grenzen bewegt. Man hält zu diesem Zwecke das Metallstück in den Windstrom, dem man nach Entfernung einer eisernen Schraube einen Ausweg aus dem Rohre gestattet. Weit genauer werden die Resultate, wenn man sich der von Mayrhofer zu diesem Zwecke combinirten Legirungen von Zinn und Blei und Blei und Silber bedient, welche auf S. 166 mitgetheilt sind. Natürlich ist bei den schwankenden Angaben über die Schmelzpunkte der Metalle auch eine solche Bestimmung nur relativ richtig, doch bedarf man in der Praxis auch keiner anderen Angaben.

Tabelle
der Schmelzpunkte pyrometrischer Legirungen nach v. Mayrhofer[1].

Zinn	Blei	Schmelzpunkt	Blei	Silber	Schmelzpunkt	Blei	Silber	Schmelzpunkt
Procent.		°C.	Procent.		°C.	Procent.		°C.
100,0	0,0	230	98,6	1,4	340	75,5	24,5	500
90,3	9,7	240	97,1	2,9	350	72,2	31,8	550
80,8	19,2	250	95,6	4,4	360	65,0	35,0	575
71,1	28,9	260	94,2	5,8	370	61,0	39,0	600
61,5	38,5	270	92,8	7,2	380	57,8	42,2	625
52,0	48,0	280	91,3	8,7	390	54,3	45,7	650
42,3	57,7	290	89,9	10,1	400	50,5	49,5	675
32,3	67,7	300	89,0	11,0	410	46,9	53,1	700
23,0	77,0	310	86,8	13,2	425	43,4	56,6	725
13,5	86,5	320	82,7	17,3	450	39,6	60,4	750
3,8	96,2	330	79,5	20,5	475	36,0	64,0	775

Man bringt eine Zahl dieser Legirungen in kleine eiserne oder kupferne Gefässe von der Form eines Fingerhutes und lässt diese in den Windstrom ein. Die Temperatur des Windes liegt dann stets zwischen dem Schmelzpunkte der bereits geschmolzenen und dem der nächst schwerer schmelzbaren ungeschmolzen gebliebenen Legirung.

In den meisten Ländern bestimmt man die Windtemperatur nach Graden der Celsius'schen Scala, selten nach Réaumur, nur in England vielfach nach Fahrenheit.

Um die verschiedenen Thermometerscalen ineinander übertragen zu können, bedient man sich folgender Formeln, worin R die einer bestimmten Temperatur entsprechenden Grade nach Réaumur, C dieselben nach Celsius, F dieselben nach Fahrenheit bezeichnen:

$$F = 32 + \frac{9}{5} C = 32 + \frac{9}{4} R.$$
$$C = \frac{5}{9} (F - 32) = \frac{5}{4} R.$$
$$R = \frac{4}{9} (F - 32) = \frac{4}{5} C.$$

[1]) Vorausgesetzt, dass der Schmelzpunkt des Zinns = 230° C., der des Bleis = 334°, der des Silbers = 1023° ist, nach der Formel:
Temperatur $t = 2{,}3\, Sn + 3{,}34\, Pb = 3{,}34\, Pb + 10{,}23\, Ag$.

g. Berechnung des Windquantums.

Bereits bei der Betrachtung der Gebläsemaschinen ist auf das von ihnen gelieferte Windquantum, bei den Windleitungen, den Winderhitzungsapparaten und den Düsen auf die Verluste, welche durch Reibung, Temperaturdifferenz u. s. w. entstehen, aufmerksam gemacht. Auf diese Weise findet man theoretisch das Luftquantum, welches in den Ofen gelangen sollte.

Umgekehrt findet man aber das wirklich in den Ofen gelangende Quantum aus dem Querschnitt der Düsenöffnungen und der Geschwindigkeit des ausströmenden Windes. Wenn dieser Wind indessen eine erhöhete Temperatur hat, so reducirt man zum Vergleiche das Windquantum auf die Temperatur von 0° oder auf die Temperatur des Saugraumes, und man muss daher auch noch die Erhitzung des Windes kennen. Die Geschwindigkeit ergiebt sich aus der Pressung, welche man durch das Manometer gemessen hat.

Es ist Sache der Mechanik und Maschinenlehre, die Formeln zu begründen, nach welchen man auf die eine oder die andere Weise das Windquantum berechnet. Für die Hüttenkunde genügt es, diese Formeln anwenden zu können.

Im Folgenden werden dieselben daher ohne Beweis ihrer Richtigkeit zusammengestellt und in einem Beispiele wird ihre Anwendung gelehrt werden. Es werden diejenigen, welche den Beweis kennen zu lernen wünschen, namentlich auf das gute Werk von Julius von Hauer [1]), die „Hüttenwesen-Maschinen“, hingewiesen, welchem auch die folgenden Tabellen entnommen sind.

Es können in der Praxis zwei Fälle vorkommen:

1. Das Gebläse und der Ofen ist vorhanden, man will die gelieferte Windmenge und den Effect des Gebläses kennen lernen.

2. Das Windquantum, welches man verbrauchen kann, ist gegeben, man will den Düsendurchmesser oder die Pressung bestimmen.

Bestimmung der Windmenge und des Effectes eines vorhandenen Gebläses [2]).

Das Windquantum, welches aus einer Düse ausströmt, ist gleich dem Producte aus dem Querschnitte der Ausströmungsöffnung und der Geschwindigkeit. Den Querschnitt kann man messen, nicht so die Geschwindigkeit des Windstromes. Man muss die letztere daher berechnen. Da die Spannung oder Pressung der Luft in einer bestimmten Beziehung zu derselben steht, so ist nur die Kenntniss der Spannung nöthig. Diese liest man am Manometer ab. Das so erhaltene Resultat würde indessen noch nicht richtig sein, weil die beobachtete Quecksilberhöhe des Mano-

---

[1]) Wien 1867. — [2]) Hauer loc. cit., S. 27.

Tabelle I. Ue[illegible]

$I = \mathfrak{h}_1 + (h_1 - h_2)$		Durchmesser d											
Meter.		0,020	0,022	0,024	0,026	0,028	0,030	0,032	0,034	0,036	0,038	0,040	0,042
Wasser.	Queck-silber.	Windmenge											
0,020	0,00147	0,287	0,348	0,414	0,485	0,563	0,647	0,735	0,830	0,93	1,04	1,15	1,27
0,040	0,00294	0,406	0,492	0,585	0,687	0,797	0,915	1,04	1,17	1,32	1,47	1,63	1,79
0,060	0,00441	0,498	0,602	0,716	0,840	0,977	1,12	1,27	1,44	1,61	1,80	1,99	2,19
0,080	0,00588	0,575	0,695	0,828	0,971	1,13	1,29	1,47	1,66	1,86	2,08	2,30	2,54
0,100	0,00735	0,643	0,777	0,926	1,09	1,26	1,45	1,65	1,86	2,08	2,32	2,57	2,83
0,140	0,01029	0,759	0,919	1,09	1,29	1,49	1,71	1,95	2,20	2,46	2,74	3,04	3,35
0,180	0,01324	0,860	1,04	1,24	1,46	1,69	1,94	2,21	2,49	2,79	3,11	3,45	3,80
0,220	0,01618	0,951	1,15	1,37	1,61	1,87	2,14	2,44	2,75	3,09	3,44	3,81	4,20
0,260	0,01912	1,04	1,25	1,49	1,75	2,03	2,33	2,66	2,99	3,36	3,74	4,15	4,57
0,300	0,02206	1,11	1,35	1,60	1,88	2,18	2,50	2,85	3,22	3,60	4,03	4,45	4,91
0,350	0,0257	1,20	1,45	1,73	2,03	2,36	2,70	3,08	3,47	3,90	4,34	4,81	5,30
0,400	0,0294	1,28	1,55	1,85	2,17	2,52	2,89	3,29	3,71	4,17	4,64	5,14	5,67
0,450	0,0331	1,36	1,65	1,96	2,30	2,67	3,06	3,49	3,94	4,42	4,92	5,45	6,02
0,500	0,0368	1,44	1,74	2,07	2,43	2,82	3,23	3,68	4,15	4,65	5,19	5,75	6,34
0,550	0,0404	1,51	1,82	2,17	2,55	2,96	3,39	3,86	4,35	4,88	5,44	6,03	6,65
0,600	0,0441	1,57	1,91	2,27	2,66	3,08	3,54	4,03	4,55	5,10	5,68	6,30	6,94
0,700	0,0515	1,70	2,06	2,45	2,88	3,33	3,82	4,35	4,91	5,50	6,14	6,80	7,50
0,800	0,0588	1,82	2,20	2,62	3,07	3,56	4,08	4,65	5,25	5,88	6,56	7,27	8,02
0,900	0,0662	1,93	2,33	2,78	3,26	3,78	4,33	4,94	5,57	6,24	6,95	7,71	8,50
1,000	0,0735	2,03	2,46	2,93	3,44	3,98	4,57	5,20	5,87	6,58	7,34	8,13	8,96
1,200	0,0882	2,22	2,69	3,21	3,76	4,36	5,01	5,70	6,43	7,20	8,04	8,90	9,81
1,400	0,1029	2,40	2,91	3,46	4,06	4,72	5,41	6,15	6,94	7,78	8,67	9,61	10,6
1,600	0,1176	2,57	3,11	3,70	4,34	5,05	5,79	6,58	7,42	8,32	9,27	10,3	11,3
1,800	0,1324	2,72	3,30	3,93	4,60	5,35	6,14	6,98	7,87	8,82	9,83	10,9	12,0
2,000	0,1471	2,87	3,48	4,14	4,85	5,63	6,47	7,35	8,30	9,30	10,4	11,5	12,7
2,200	0,1618	3,02	3,65	4,34	5,09	5,91	6,78	7,71	8,70	9,76	10,9	12,1	13,3
2,400	0,1764	3,15	3,81	4,53	5,32	6,17	7,09	8,06	9,09	10,2	11,4	12,6	13,9
2,600	0,1912	3,28	3,96	4,72	5,53	6,42	7,37	8,39	9,46	10,6	11,8	13,1	14,4
2,800	0,2059	3,40	4,11	4,90	5,74	6,67	7,65	8,70	9,81	11,0	12,3	13,6	15,0
3,000	0,2206	3,52	4,26	5,07	5,95	6,90	7,92	9,00	10,2	11,4	12,7	14,1	15,5
3,400	0,250	3,74	4,53	5,40	6,33	7,35	8,44	9,59	10,8	12,1	13,5	15,0	16,5
3,800	0,279	3,96	4,79	5,71	6,70	7,77	8,92	10,2	11,4	12,8	14,3	15,8	17,5
4,200	0,309	4,16	5,04	6,00	7,04	8,17	9,38	10,7	12,0	13,5	15,0	16,7	18,4
4,600	0,338	4,35	5,27	6,28	7,36	8,54	9,80	11,2	12,6	14,1	15,7	17,5	19,2
5,000	0,368	4,54	5,50	6,55	7,67	8,90	10,2	11,6	13,1	14,7	16,4	18,2	20,0
5,500	0,404	4,77	5,76	6,86	8,05	9,35	10,7	12,2	13,8	15,4	17,2	19,1	21,0
6,000	0,441	4,98	6,02	7,16	8,40	9,77	11,2	12,7	14,4	16,1	18,0	19,9	21,9
6,500	0,478	5,18	6,27	7,46	8,75	10,2	11,6	13,3	15,0	16,8	18,7	20,7	22,8
7,000	0,515	5,37	6,50	7,75	9,08	10,5	12,1	13,8	15,5	17,4	19,4	21,5	23,7
7,500	0,551	5,56	6,73	8,02	9,40	10,9	12,5	14,3	16,1	18,0	20,1	22,3	24,6
8,000	0,588	5,75	6,95	8,28	9,71	11,3	12,9	14,7	16,6	18,6	20,8	23,0	25,4
8,500	0,625	5,93	7,16	8,54	10,0	11,6	13,3	15,2	17,1	19,2	21,4	23,7	26,2
9,000	0,662	6,10	7,37	8,79	10,3	12,0	13,7	15,6	17,6	19,8	22,0	24,4	26,9
9,500	0,699	6,27	7,57	9,03	10,6	12,3	14,1	16,1	18,1	20,3	22,6	25,1	27,6
10,000	0,735	6,43	7,77	9,26	10,9	12,6	14,5	16,5	18,6	20,8	23,2	25,7	28,3

meters auf die augenblickliche Spannung und Temperatur der Atmosphäre bezogen ist, welche auf der einen Seite der Quecksilbersäule lastet, während die Temperatur der Gebläseluft eine weit höhere zu sein pflegt, weil ferner der Gegendruck im Inneren des Hochofens ein grösserer als der der Atmosphäre ist, weil endlich bei dem Ausströmen der gepressten Luft aus Rohrstücken, wie sie in den Düsen gegeben sind, die Reibung eine einflussreiche Rolle spielt. Ausserdem ist zu allen praktischen und theoretischen Vergleichen das wirklich aus der Düse ausströmende Windquantum unbrauchbar. Man hat das aus Querschnitt und Manometerstand berechnete Luftvolumen stets zu corrigiren und richtet diese Correctur so ein, dass das Resultat entweder auf eine Temperatur von 0° und den Barometerstand von 0,76 Meter oder auf die Temperatur und Spannung des Saugeraumes, aus welchem das Gebläse die Luft aufgesaugt hat, bezogen werden kann.

Die am Manometer (für die folgenden Berechnungen in Metern der Quecksilber- oder Wassersäule) abgelesene Pressung nennt man Pressungshöhe. Sie ist mit h_1 bezeichnet. Es wird vorausgesetzt, dass — wie dies in der Praxis stets der Fall zu sein pflegt — der in die Windleitung eingesenkte Theil des Manometerrohres senkrecht zur Windrichtung steht.

Biegt man das Manometerrohr dagegen parallel der Windrichtung um und richtet seine Oeffnung dem Windstrom entgegen, so wird die Pressung eine grössere und macht sich an dem höheren Stande der Manometerfüllung kund. Diese Zunahme der Pressungshöhe nennt man Geschwindigkeitshöhe. Sie ist mit $\mathfrak{h}_1$ bezeichnet.

Die Summe beider $(h_1 + \mathfrak{h}_1)$, also die im letzteren Falle wirklich abzulesende Höhe nennt man effective Druckhöhe. Da der Unterschied zwischen Pressungshöhe und effectiver Druckhöhe sehr gering und an Quecksilbermanometern kaum wahrnehmbar ist, so kann man ihn für die Praxis ganz vernachlässigen.

Es muss ferner die Spannung in dem Raume, in welchen der Wind ausströmt, also im untersten Theile des Hochofens, dem Gestelle, berücksichtigt werden. Sie wird mit h_2 bezeichnet. Gewöhnlich findet man diese Grösse vernachlässigt, und doch ist ersichtlich, dass die berechnete Windmenge in Folge dessen zu gross ausfällt. Da ausserdem auch aus anderen, später zu erläuternden Gründen die Kenntniss dieser Grösse von Nutzen ist, so ermittelt man sie neuerdings häufiger und zwar nach dem Vorschlage von Tunner mit einem Manometer, welches man an eine in den Ofenraum eingeführte eiserne Röhre ansetzt.

Aus $\mathfrak{h}_1 + (h_1 - h_2)$ für die Praxis $= h_1 - h_2$, eine Grösse, die mit H bezeichnet werden soll, und dem Düsendurchmesser ∂ kann man nach der Formel $M = 18740\,\partial^2 \sqrt{H}$ für Quecksilber- oder $M = 5081\,\partial^2 \sqrt{H}$ für Wasser-Manometer, das auf eine mittlere Temperatur von 10° und einen mittleren Barometerstand von 0,76 M. Quecksilber bezogene Windquantum M finden.

Werthe des Factors f für

$b + h_2$ Quecksilber	t_1 in Graden Celsius =												
Meter	0	+ 10	20	30	40	60	80	100	140	180	220	260	300
0,608	0,878	0,863	0,848	0,834	0,820	0,795	0,772	0,752	0,714	0,682	0,654	0,629	0,606
0,638	0,900	0,884	0,869	0,855	0,841	0,815	0,792	0,770	0,732	0,699	0,670	0,644	0,621
0,667	0,921	0,905	0,889	0,875	0,861	0,834	0,810	0,788	0,749	0,715	0,686	0,659	0,636
0,699	0,942	0,925	0,909	0,894	0,880	0.853	0,828	0,806	0,766	0,731	0,701	0,674	0,650
0,730	0,962	0,945	0,929	0,913	0,899	0,871	0,846	0,823	0,782	0,747	0,716	0,689	0,664
0,760	0,982	0,965	0,948	0,932	0,917	0,890	0,864	0,840	0,799	0,763	0,731	0,703	0,678
0,798	1,006	0,988	0.971	0,955	0,939	0,911	0,885	0,861	0,818	0,781	0,748	0,720	0,694
0,836	1,029	1,011	0,994	0,977	0,961	0,933	0,905	0,881	0,837	0,799	0,766	0,737	0,711
0,874	1,053	1,034	1,016	0.999	0,983	0,954	0,926	0,901	0,856	0,817	0,783	0,753	0,727
0,912	1,076	1,057	1,038	1,021	1,005	0,974	0,946	0,921	0,874	0,835	0,800	0,770	0,742
0,950	1,098	1,079	1,060	1,042	1,026	0,995	0,966	0,940	0,892	0,852	0,817	0,786	0,758
0,988	1,120	1,100	1,081	1,063	1,046	1,014	0.986	0,958	0,910	0,869	0,833	0,801	0,773
1,026	1,141	1,120	1,101	1,082	1,065	1,033	1,004	0,976	0,927	0,885	0,849	0,816	0,787
1,064	1,162	1,140	1,122	1,103	1,085	1,052	1,022	0,994	0,944	0,902	0,865	0,831	0,802
1,102	1,182	1,161	1,142	1,123	1,105	1,071	1,040	1,012	0,961	0,918	0,880	0,846	0,816
1,140	1,202	1,181	1,161	1,142	1,124	1,089	1,057	1,029	0,977	0,933	0,895	0,860	0,830
1,216	1,242	1,219	1,198	1,178	1,160	1,124	1,092	1,062	1.009	0,964	0,924	0,888	0,857
1,292	1.280	1,257	1,235	1,214	1,195	1,159	1,126	1,095	1,041	0,994	0,952	0,916	0,883
1,368	1,317	1,294	1,271	1.250	1,230	1,193	1,158	1,127	1,071	1,023	0,980	0,943	0,909
1,444	1,354	1,329	1,306	1,285	1,264	1,226	1,190	1,158	1,100	1,051	1,007	0,969	0,934

Tabelle III.

Werthe des Factors λ für

$b + h_2 =$ Meter		$h_1 - h_2 =$										
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Meter Wasser
Wasser.	Queck-silber.	0,0735	0,1471	0,2206	0,2491	0,3676	0,4412	0,5147	0,5882	0,6617	0,7352	Meter Quecksilber
20	1,47	0,999	0,997	0,996	0,994	0,993	0,991	0,990	0,988	0,987	0,985	
16	1,18	0,998	0,996	0,994	0,993	0,991	0,989	0,987	0,985	0,983	0,981	
12	0,88	0,998	0,995	0,992	0,990	0,988	0,985	0,983	0,980	0,978	0,975	
8	0,59	0,996	0,993	0,989	0,985	0,981	0,976	0,974	0,970	0,966	0,963	

Tabelle IV.

Werthe des Factors f_1 für

b Quecksilber Meter	$\frac{\beta}{b}$	t_s in Graden Celsius = − 5	0	+ 5	10	15	20	25	30	35	40
0,809	0,94	0,923	0,940	0,957	0,974	0,992	1,009	1,026	1,043	1,061	1,078
0,792	0,96	0,942	0,960	0,978	0,995	1,013	1,030	1,048	1,065	1,083	1,101
0,776	0,98	0,962	0,980	0.998	1,016	1,034	1,052	1,070	1,088	1,106	1,124
0,760	1,00	0,982	1,000	1,018	1,037	1,055	1,073	1,092	1,110	1,128	1,147
0,745	1,02	1,001	1,020	1,039	1,057	1,076	1,095	1,113	1,132	1,151	1,170
0,731	1,04	1,021	1,040	1,059	1,078	1,097	1,116	1,135	1,154	1,173	1,192
0,717	1,06	1,041	1,060	1,079	1,099	1,118	1,138	1,157	1,176	1,196	1,215
0,704	1,08	1,060	1,080	1,100	1,120	1,139	1,159	1,179	1,199	1,219	1,238
0,691	1,10	1,080	1,100	1,120	1,140	1,161	1,181	1,201	1,221	1,241	1,261
0,679	1,12	1,100	1,120	1,141	1,161	1,182	1,202	1,223	1,243	1,264	1,284
0,667	1,14	1,119	1,140	1,161	1,182	1,203	1,224	1,244	1,265	1,286	1,307
0,655	1,16	1,139	1,160	1.181	1,203	1,224	1,245	1,266	1,287	1,309	1,330
0,644	1,18	1,158	1,180	1,202	1,223	1.245	1,266	1,288	1,310	1,331	1,353
0,633	1,20	1,178	1,200	1,222	1,244	1,266	1,288	1,310	1,332	1,354	1,376

Um die jedesmalige Ausrechnung dieser Formel zu umgehen, hat Hauer die vorstehend Seite 168 und 169 abgedruckte Tabelle Nro. I. zusammengestellt.

a) Die auf 0° Temperatur und 0,76 Meter Quecksilber-Barometerstand reducirte Windmenge M_0, welche von einer Düse pro Minute ausgeblasen wird, lässt sich berechnen nach der Formel:

$$M_0 = f \lambda M,$$

worin M das ideale aus den Tabellen ohne weitere Berechnung zu findende Windquantum, f und λ zwei dieses Quantum reducirende Factoren sind.

M, die ideale Windmenge in Cubikmetern, ergiebt sich aus der Tabelle I. Will man M_0 in preuss. Cubikfussen erhalten, so ist M der Tabelle mit 32,35 zu multipliciren.

Die Factoren f und λ beziehen die ideale Windmenge M auf die gesuchte.

f bezweckt die Correctur, welche in Folge des wechselnden Barometerstandes b und der Temperatur des Windes nahe der Ausströmungsöffnung t_1 nöthig wird. Den Werth von f findet man aus Tabelle II, wenn man b am Barometer, t_1 am Thermometer oder Pyrometer, welches in die Windleitung eingelassen war, abgelesen hat.

λ bezweckt die Correctur, welche in Folge davon, dass die Luft bei höheren Pressungen nicht nur die Spannung (Mariotte'sches Gesetz), sondern auch die Temperatur ändert (Poisson'sches Gesetz), nöthig wird. λ ist vom Barometerstand b, der Pressungshöhe am Manometer h_1 und der Spannung im Hochofen h_2 abhängig und aus diesen bereits benutzten Grössen nach Tabelle III. leicht zu finden.

Für geringere Pressungen kann man ohne grossen Fehler $\lambda = 1$ setzen.

Die zwischen den Zeilen der Tabellen liegenden Grössen findet man durch einfache Interpolation.

Es sei z. B. die mit dem Manometer gemessene Pressungshöhe $h_1 = 0{,}1424$ Meter (circa $5^1/_2$ Zoll oder $2^3/_4$ Pfund), die Geschwindigkeitshöhe $\mathfrak{h}_1$ (wie in den meisten Fällen) verschwindend klein, h_2 die Pressungshöhe im Inneren des Hochofens $= 0{,}01$ Meter Quecksilber, so ist

$$H = 0{,}1424 - 0{,}01 = 0{,}1324.$$

Ist der Düsendurchmesser $\partial = 0{,}065$ Meter, so ist nach Tab. I. $M = 28{,}8$ Cubikmeter; ist ferner der Barometerstand $b = 0{,}735$ Meter und daher $b + h_2 = 0{,}735 + 0{,}01 = 0{,}745$, ferner $t_1 = 300°$ C., so ist f durch Interpolation nach Tabelle II. $= \frac{0{,}664 + 0{,}678}{2} = 0{,}67$[illegible]

Da ferner $H = h_1 - h_2$, wie bereits gefunden, $= 0{,}1324$ ist, $b + h_2$ $= 0{,}745$, so ist nach Tabelle III. λ, da der Werth zwischen der ersten und zweiten Vertical- und dritten und vierten Horizontalcolumne liegt, durch Interpolation $= \frac{0{,}998 + 0{,}996}{2} + \frac{0{,}995 + 0{,}993}{2} = 0{,}99$[illegible]

mithin

$_0 = f\lambda M = 0{,}671 . 0{,}9955 . 28{,}8 = 19{,}2$ Cubikmeter $= 621$ pr. Cubikfuss.

Hat man drei unter denselben Verhältnissen arbeitende Düsen, so t die Gesammtmenge des Windes

$3 . 19{,}2 = 57{,}6$ Cubikmeter $= 1863$ preuss. Cubikfuss.

b) Es wird sich in vielen Fällen empfehlen, das Windquantum nicht uf 0° Temperatur und 0,76 Meter Barometerstand, sondern auf Tempetur und Spannung des Saugraumes zu beziehen. Man kann dann die elieferte Menge mit der eingesaugten Menge vergleichen und so den ffect des Gebläses finden.

Man findet diese Windmenge M_s durch Multiplication des obigen esultates mit einem Factor f_1, welcher sich aus der Tabelle IV. ergiebt. b ist hier wieder der Barometerstand, t_s die Temperatur im Geläsehause oder an der Mündung des Saugrohres in freier Luft, $\frac{\beta}{b}$ das erhältniss des mittleren zum wirklichen Barometerstande.

Wenn z. B. $t_s = 20^0$ C. ist, so wäre, den im vorigen Beispiel angeommenen Barometerstand von 0,735 vorausgesetzt, durch Interpolation efunden:

$$\frac{\beta}{b} = \frac{0{,}76}{0{,}735} = 1{,}034,$$

aher $f_1 = 1{,}105$, folglich

$M_s = f_1 M_0 = 1{,}105 . 19{,}2 = 21{,}2$ Cubikmeter oder 686 pr. Cubikfuss, aher das Luftvolumen für alle drei Düsen

$= 3 . 21{,}2 = 63{,}6$ Cubikmeter $= 2058$ preuss. Cubikfuss.

Das Verhältniss des ausgeblasenen, auf Temperatur und Spannung es Saugraumes bezogenen Windquantums (M_s) zu der durch Rechnung vergl. Seite 65) bestimmten angesaugten Luftmenge (Q), nennt man den esammt-Windeffect $\left(\varphi' = \frac{M_s}{Q}\right)$ und kann ihn im Durchschnitt zu ,65, in günstigen Fällen zu 0,75 und darüber annehmen. Er sinkt bei ngen Leitungen und complicirten Winderhitzungs-Apparaten nicht selten ter 0,5.

estimmung des Düsendurchmessers oder der Pressung bei gegebener Windmenge.

Es kommt in der Praxis oft der Fall vor, dass man das Windquann kennt, welches man anwenden darf oder muss, und dass man den eine bestimmte Pressung und Temperatur nöthigen Düsendurchmesfinden will. Es ist nach dem Vorhergehenden:

$$M = \frac{M_0}{f\lambda}.$$

Setzt man als M_0 die Windmenge ein, welche von einer Düse pr. nute ausgeblasen werden soll, und für f und λ die aus Barometerstand

und Temperatur sich ergebenden Werthe der Tabellen, so erhält man M. Hieraus und mit Zuhülfenahme der gegebenen Pressung erhält man in Tabelle I. den Düsendurchmesser d. Man sucht nämlich in der der gegebenen Pressung entsprechenden Horizontalcolumne das berechnete Quantum M und findet dann im Kopf derselben Verticalcolumne den gesuchten Düsendurchmesser. Ist das von mehreren Düsen gelieferte Windquantum gegeben, so ist natürlich die Gesammtwindmenge M_0 zuerst durch die Zahl der Düsen zu dividiren.

Will man umgekehrt unter sonst gleichen Umständen für einen gegebenen Düsendurchmesser die Pressung finden, so hat man nur zuerst in der dem Düsendurchmesser entsprechenden Verticalcolumne M aufzusuchen und findet dann, in der Horizontalcolumne links gehend, die Pressung. Sucht man die wirkliche am Manometer abzulesende Pressung, so muss man (unter Vernachlässigung von $\mathfrak{h}_1$) die voraussichtlich im Hochofen herrschende mittlere Druckhöhe h_2 von dem gefundenen Werthe H abziehen. Die Tabelle I. zeigt das Verhältniss, in welchem Pressung, Düsendurchmesser und Windquantum stehen und giebt an die Hand, wie man, wenn einer der drei Factoren gegeben ist, die zwei anderen variiren kann, d. h. z. B. in welcher Weise man bei gegebenem Windquantum den Düsendurchmesser verkleinern muss, um die Pressung auf einen gewissen Grad zu erhöhen und umgekehrt. Sie lehrt ferner, dass es für die in den Ofen gelangenden Windmengen gleichgültig ist, ob man mit weiteren Düsen und schwacher Pressung, oder mit engen Düsen und starker Pressung bläst.

h. Formen (*twyers*).

Einfache und gekühlte Formen. Der Wind gelangt aus den Düsen nicht direct in den Ofen. Jede Beschädigung der Düse würde eine Veränderung in dem Pressungsverhältnisse des Windes bedingen, sie würde ausserdem schwierig auszuführende Reparaturen veranlassen. Man lässt daher den aus der Düse strömenden Wind durch eine Metallhülse, welche gleichfalls eine konische Gestalt besitzt und welche in den Kernschacht eingesetzt ist, in den Ofen blasen. Diese Metallhülse nennt man Form (seltener Kanne, Esseisen, engl. *twyer*, in älteren Werken *tuc-iron*, *tuiron*, *tuarn*, zuweilen nach dem Französischen *tuyere*). So lange man mit kaltem Winde blies, genügte es, diese Metallhülsen aus einfachem Blech oder aus Gusseisen anzufertigen. Eisen- oder noch häufiger Kupferblech zog man dem Gusseisen vor, weil sich bei Anwendung dieser Materialien die Oeffnung durch Hämmern leicht vergrössern oder verkleinern liess, und weil das Kupfer, wenn auch die Form unbrauchbar geworden war, immer noch seinen Metallwerth behielt. Man hielt die Düse verhältnissmässig stark zurückgezogen und machte die Formöffnung (das Formauge, *eye of the twyer*) nur wenig weiter als die Düsenöffnung (das Düsenauge, *eye of the blast- pipe*). Der Wind, welcher bei einer solchen Stellung aus der Düse in einen Raum mit geringerem Drucke tritt, dehnt sich

aus, schlägt gegen die Wandungen der Form und kühlt diese ab, so dass sie nicht verbrennen kann. Ein Theil des Windes wird in Folge dessen freilich auch rückwärts aus dem Ofen geworfen, wie dies Fig. 140 veranschaulicht.

Macht man das Formauge so gross oder legt das Düsenauge so nahe an dasselbe, dass die divergirenden Strahlen des austretenden Windes die Kante der Formmündung nicht mehr berühren, wie dies Fig. 141 versinnlicht, so wird nicht nur kein Verlust an Wind eintreten, sondern

Fig. 140. Fig. 141.



es wird sogar noch (ähnlich wie beim Wassertrommelgebläse) durch den ringförmigen Raum atmosphärische Luft angesaugt werden. Das so gewonnene Quantum Wind ist sicher sehr gering und kommt im Vergleich zu der eingeblasenen Menge nicht in Betracht, andererseits findet bei dieser Einrichtung keine Abkühlung der Form durch den Wind mehr statt. Wendet man nun gar erhitzte Luft an, so bedarf man unter allen Umständen einer künstlichen Kühlung der Form, und bewirkt diese durch kaltes Wasser, welches in der doppelten Wandung der Form circulirt [1]).

Die durch Wasser gekühlten Formen nennt man kurzweg Wasserformen (*water-twyers*). Sie sollen von Condie in Schottland erfunden sein, welcher zu Calder in Schottland von dem Besitzer Dixon zur Anstellung von Versuchen mit heissem Winde engagirt wurde. Da der Hochofenmeister Alexander Christie indessen ein Gegner dieser Einrichtung war und die Sache in Folge dessen keinen guten Fortgang hatte, so schickte man Condie nach Nelsontown, und dort erfand er die Wasserform, hat aber nie einen Lohn dafür empfangen [2]).

[1]) Man hat für andere Schachtöfen hin und wieder eine Luftkühlung in der Weise angewendet, dass der kalte Wind in den doppelten Wandungen circulirt, ehe er in das Innere der Form und aus diesem in den Ofen tritt und auf diese Weise zugleich den Wind, wenn auch in sehr geringem Maasse, erwärmt. — Für die hohen Temperaturen der Eisenhochöfen ist dies Princip nicht empfehlenswerth.

[2]) Percy bemerkt, indem er dies Factum berichtet: „Condie ward, milde ausgedrückt, nicht edel behandelt. Aber wie häufig kommen ähnliche Fälle vor! Capitalisten haben oft die Köpfe armer Erfinder benutzt, ohne ihnen eine entsprechende Belohnung zu gewähren, wenn sie ihnen eine solche überhaupt geben. Ich habe von einem solchen Herrn, der selbst als Geldmann Theilnehmer an bedeutenden Hüttenwerken war, die unumwundene Erklärung geben hören, dass es

Die Form, welche Condie anwendete, besteht aus einem spiralför-mig gewundenen gusseisernen Rohre (*Coil*), welches in eine kurze koni-sche Röhre von Gusseisen eingeschlossen ist. Sie wird so hergestellt, dass man das schmiedeiserne Rohr als Kern einer gewöhnlichen Sandform be-trachtet, es also mit Gusseisen umgiesst. Beide Enden des Rohres ragen aus der breiteren Basis des abgestumpften gusseisernen Kegels hervor. Fig. 142 ist das Rohr dargestellt, wie es bei der Condie'schen oder genannten Schottischen Wasserform angewendet wird. Das kalte Wasser tritt durch *a* ein, geht durch den verdeckten geraden Strang bis ans Ende der Form und windet sich dann durch die Spirale zurück, um bei *b* auszutreten.

Eine andere Methode ist in Fig. 143 veranschaulicht, welche eine fertige Form, bei der das Rohr mit Gusseisen umgeben ist, im Durch-

Fig. 142.

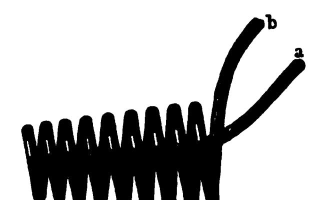
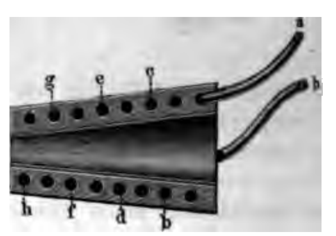


Fig. 143.



schnitt darstellt. Das Wasser tritt hier bei *a* ein und windet sich durch die Spirale *bcdefgh* bis ans Ende, geht dann durch die zwischenliegende Spirale zurück und tritt bei *b* aus.

Man fand bald, dass die Kühlung der ganzen Form unnöthig sei und begnügte sich mit zwei bis drei Umgängen der Spirale in nächster Nähe des Formauges, während das Eintritts- wie Austrittsrohr im Übri-gen einen geraden Verlauf nahm. In dieser Weise sind jetzt die meisten Formen in Süd-Wales und auch vielfach in Deutschland eingerichtet.

Eine zweite Art von Formen ist die in Fig. 17 S. 22 dargestellte, welche aus Schmiedeisen gefertigt, einen zusammenhängenden Hohl-raum besitzt. Das kalte Wasser tritt durch das eingeschraubte Rohr unten ein, und das erwärmte durch ein eben solches Rohr oben aus. Di

---

mehr gute Köpfe (brains) als Capital in der Welt gäbe und erstere daher billig sein müssten. Dies ist doch zu schlecht. Reiche Leute haben bekanntlich zuwei-len dem ehrlichen Finder und Wiederbringer eines werthvollen Schatzes, welchen sie verloren hatten, einen Schilling oder eine halbe Krone für seine Mühe gegeben. Der Leser wird nicht ermangeln, einen Vergleich zu ziehen.“ Jedenfalls liefert dieses Beispiel den Verehrern englischer Patentgesetzgebung den Beweis dafür, dass dieselbe gewiss nicht geeignet ist, dem armen Erfinder zum Lohn für seine Erfindung, sondern nur dem Reichen zur Ausbeutung der Erfindung eines An-deren zu verhelfen.

grösste Nachtheil dieser Formen ist ihre schwierige Herstellung [1]). Man fertigt sie daher auch aus Gusseisen an, aber eine gegossene Form ohne innenliegendes schmiedeisernes Rohr kann durch das bei Temperaturveränderung, Kesselsteinabsätzen oder Wassermangel sehr leicht eintretende Zerspringen gefährliche Folgen haben, während schmiedeiserne Formen nur allmälig leck werden und rechtzeitig ausgewechselt werden können. Ein allmäliger Wasserabfluss wirkt nur durch Abkühlung im Ofen und die daraus entspringende Verschlechterung des Ofenganges nachtheilig, während ein plötzlicher Wassererguss verderbliche Explosionen veranlasst, und die in Folge davon aus dem Ofen geschleuderten heissen Massen, sowie der zurückströmende Wasserdampf schon oft Arbeiter um Gesundheit oder Leben gebracht haben.

Die Schwierigkeit der Herstellung schmiedeiserner und die Unzuverlässigkeit gusseiserner Formen der letzterwähnten Art hat zur Benutzung der Bronze geführt. Solche bronzene Formen sind zuerst von Schulten in Duisburg construirt und waren bereits 1862 in London ausgestellt worden. Neal Solly gab später (1865) Bronzeformen (100 Thle. Kupfer, 10 Thle. Zinn) als seine Erfindung aus [2]). Pertat und Sauvage zu Joinville haben ebenso construirte Formen aus platinirtem Kupferblech vorgeschlagen, welche nur ein Gewicht von 20 bis 35 Kil. haben sollten [3]) und zur besseren Reinigung mit abnehmbarer Verschlussplatte versehen waren. Wie sich voraussehen liess, ist dieser Vorschlag in der Praxis nicht zur Ausführung gekommen. Die bronzenen Formen dagegen haben mit Recht vielfache Verwendung gefunden. Sie werden gegossen, sind also leichter anzufertigen als geschmiedete, theilen hinsichtlich allmäligen Reissens die Eigenschaft des Schmiedeisens und geben, wenn sie ausgewechselt werden müssen, ein immer noch werthvolles und verwerthbares Material. Sie haben indessen den Nachtheil der Kostspieligkeit und deshalb ist man neuerdings auf die Idee verfallen, nur die Kopfplatte, d. h. den das Formauge umgebenden Ring, von Bronze zu machen und dieselbe an den übrigen Theil der Form, wenn er von Gusseisen ist, anzugiessen, wenn er von Schmiedeisen ist, anzulöthen [4]).

Geschlossene Formen. Sobald die Form mit Wasser gekühlt ist, kann man ohne Bedenken die Düse eng an dieselbe anschliessen, um so ein Zurückprallen des Windes in jedem Falle zu verhindern. Zuweilen bedient man sich zu diesem Zwecke eines besonderen Kranzes, den man in den Zwischenraum hineinstopft, meist aber versieht man die Düse

[1]) Eine möglichst einfache Anweisung zur Anfertigung schmiedeiserner Formen findet man in der österr. Zeitschrift für Berg- und Hüttenwesen. Nro. 17, 1867, S. 133. — [2]) Mech. Magaz. 1865, S. 297. — [3]) Dingler, Polyt. Journ. 174, S. 180 — [4]) Nach Mosaner (Oesterr. Zeitschr. loc. cit.) wiegen die bronzenen Formen 130 bis 170 Pfd. und kosten pr. Pfund 18 Sgr., während die nach Kindinger's Angaben gefertigten schmiedeisernen 90 bis 92 Pfund wiegen und pr. Pfund 8 Sgr. kosten. Kupferne Hohlformen kosteten an demselben Orte (Hieflau) 4 und $4\frac{1}{3}$ bis $4\frac{2}{3}$ Thlr.

mit einer angegossenen ringförmigen Wulst, nur hin und wieder macht man den Verschlussring beweglich, wie dies in den Figuren 144 und 145 dargestellt ist.

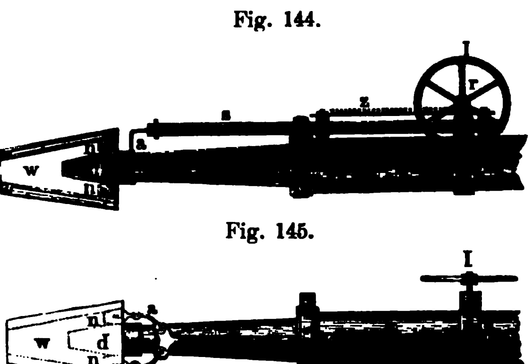


Fig. 144.

Fig. 145.

Der Kranz *nn* steht durch die beiden Arme *aa* mit der Stange in Verbindung, durch Drehung von *l* wird die Zahnstange *z* und mit ihr der Verschlusskranz zurückgezogen oder vorgeschoben.

Bei allen derartigen Anordnungen ist der Düsenrüssel (das Ende der Düse) trotz der Wasserkühlung der Form dem Verbrennen ausgesetzt. Man hat daher auf einigen Werken (zum Beispiel auf den Eisenwerken im Siegenerlande, zu Veckerhagen bei Cassel) neuerdings folgende Einrichtung gewählt. In den Rüssel der mit Wasser gekühlten Form werden winddicht kurze konische Röhrenstücke aus Gusseisen eingesetzt, welche mit einem eingedrehten Ringe versehen sind, um sie vermittelst eines Hakens leicht herausziehen und auswechseln zu können. Der nach Aussen gekehrte Rand dieser Röhrenstücke, welche man **Formeinsätze** nennt, ist abgeschrägt und schliesst sich eng an das umgekehrt abgeschrägte Ende der Düse, so dass das eingelegte Gusseisenrohr gewissermaassen zu gleicher Zeit den Düsenrüssel und das Formauge bildet. Diese Einrichtung bietet folgende Vortheile: Durch verschiedene, vorräthig zu haltende Formeinsätze kann der Querschnitt der Windausströmungsöffnung ohne Aenderung der eigentlichen Düse schnell und leicht gewechselt werden; ein Verbrennen eines solchen Einsatzes kommt zwar oft vor, ist aber leicht durch eine Auswechselung wieder gut zu machen, ohne dass Form und Düse gelitten haben; die Düsenröhre wird durch den Einsatz fortgesetzt und daher die Geschwindigkeit des Windes nicht zwischen dem Austritt aus dem Düsenauge und dem Austritt aus dem Formauge wie in allen anderen Anordnungen plötzlich geändert.

Reinigung der Form. Durch die Beweglichkeit des Verschlussringes wird die Reinigung der Form von Ansätzen vermittelst eines sogenannten **Formhakens** oder **Formstörers**, eines circa 1 Zoll starken

9 Fuss langen, vorn mit einem $1^1/_2$zölligen Haken oder einem
versehenen Instrumentes, ohne Unterbrechung des Windstromes,
icht. Ist der Verschlussring an die Düse angegossen, oder wendet
ormeinsätze an, so muss man die ganze Düse zurückziehen, um
einigung vornehmen zu können (vergl. die Figuren 127 bis 129 zu
55 und 156), oder man muss mit dem Instrumente durch eine für
lich verschlossene Oeffnung in das Innere der Düse gelangen kön-
Diese zu dem Zwecke am besten in der Verlängerung der Düse
ie angebrachte Oeffnung ist durch einen Schieber verschliessbar,
r mit einer Glas- oder besser einer Glimmerplatte versehen ist, um
h zur Beobachtung des Formauges zu dienen.

ühlwasser. Das Wasser, welches zur Kühlung der Formen dient,
emals zum Sieden kommen. Hiernach richtet sich die Geschwin-
seines Durchflusses, die man in der Praxis durch eine mehr oder
r hohe Lage des Wasservertheilungsrohres über den Formen leicht
en kann. Das Wasservertheilungsrohr legt man ringförmig um
en und benutzt es zugleich zur Speisung anderer Ofenkühlungen.
r Abkühlung erforderliche Quantum Wasser ist nicht gross, da
as ausfliessende Wasser, sobald es abgekühlt ist, immer wie-
Neuem benutzen kann. Die grösste Schwierigkeit machen saure
ichlich Kesselstein absetzende Wasser, weshalb man zweckmässig
hen Fällen Dampfmaschinen-Condensationswasser benutzt. Man
für jede Wasserform eines Kokshochofens 50 Cubikfuss, für jede
form eines Holzkohlenhochofens 20 Cubikfuss in der Stunde.

vereinzelten Fällen bleibt bei Holzkohlenhochöfen, welche auf
eiroheisen arbeiten, die Auskleidung der Form ganz fort und der
trömt durch eine Oeffnung des Gestells direct in den Ofen. Man
lies das Blasen durch den Stein.

ie hinsichtlich der Grösse und Lage der Formen zur Anwendung
nden Grundsätze werden erst verständlich, nachdem die Wirkungs-
les Windes erläutert ist. Man findet sie auf Seite 194, 195 u. f.
ben.

i. Kosten des Windes.

ie Kosten, welche der Wind bis zu seinem Eintritt in den Ofen
rt, werden bedingt durch die Arbeit, welche zu der Zusammen-
g und Erhitzung der atmosphärischen Luft, eines an sich kosten-
laterials, nothwendig ist.

enn auch diese Kosten für jedes Werk verschieden sein müssen,
als alle Umstände gleich sind, so wird doch ein Beispiel für die
ung dieser Kosten genügen, um den Eisenhüttenmann in den
u setzen, den Kostenanschlag für alle Verhältnisse zu machen.

ist zu diesem Zwecke das fiscalische Werk Gleiwitz in Ober-
gewählt, wo zwei Hochöfen mit Koks betrieben werden, welche

ihren Wind von einer 150- und einer 86-pferdekräftigen Dampf-Gel
maschine gemeinschaftlich erhalten. Zur Erhitzung des Windes d
für beide Hochöfen gemeinschaftlich drei Apparate, von denen je
im Betriebe sind. Der Wind wird auf 160° erhitzt. Der dortige Bet
beamte der Hochöfen, Hüttenmeister Wiebmer, hat die Güte ge
diese Zusammenstellung anzufertigen:

A. Kosten des kalten Windes.

a. Bei Feuerung der Dampfkessel mit Steinkohlen.

	Gegenstand.	Werth.	Jährliche Abnutzung.	Zinsen.	Jährlicher Bet	
		Thlr.	Proc.	Proc.	Thlr.	
	α. Anlage.					
1.	Die Dampfkessel sammt Kesselhaus	37000	2	5	2590	
2.	Die 150- und 86-pferdekräftige Dampfgebläsemaschine	64000	1	5	3840	
3.	Die beiden Maschinengebäude	20000	1	5	1200	
4.	Die Windleitungen bis zu den Regulatoren incl. Regulatoren	8000	1	5	480	
5.	Die gemeinschaftl. Windleitung (29 Zoll weit, 124 Fuss lang) von den Regulatoren aus . . .	3000	1	5	180	
						8290
	β. Betrieb (360 Tage jährlich).					
1.	Feuerung der Kessel. 440 Ctr. Kohle pr. Tag und zwei Hochöfen, à Ctr. $2^2/_{12}$ Sgr.	—	—	—	11440	
2.	Unterhaltung der Maschine: Schmiermaterialien, Löhne etc. pr. Jahr	—	—	—	2500	
3.	Unterhaltung der Windleitung: Dichtungsmaterialien etc.	—	—	—	100	
						14040
	Summa pr. Jahr .	—	—	—		22330
	Daher pr. Tag . .	—	—	—		22330

Die tägliche auf Druck und Temperatur des Saugraumes reducirte W
menge beträgt 20,368,000 Cubikfuss, folglich kosten **1000 Cubikfuss = 1**
Pfennig.

b. Bei Feuerung der Dampfkessel durch Hochofengase.

	Gegenstand.	Werth.	Jährliche Abnutzung.	Zinsen.	Jährlicher Betrag.	
		Thlr.	Proc.	Proc.	Thlr.	
	α. Anlage.					
1–5.	Kosten der Apparate und Gebäude wie sub a. .	—	—	—	8290	
6.	Gasentziehungsapparate am Hochofen und Leitungsvorrichtungen bis zu den Kesseln . . .	10000	10	5	1500	
						9790
	β. Betrieb.					
1.	Feuerung der Kessel mit Gichtgasen, für die Inbrandhaltung derselben 24 Ctr. Kohlen pr. Tag, à Ctr. $2^2/_{12}$ Sgr.	—	—	—	624	
2–3.	Unterhaltung der Maschine, Windleitung etc. wie sub a. . . .	—	—	—	2600	
						3224
	Summa pr. Jahr .	—	—	—		13014
	γ. Gewinn.					
	Durch die Gasleitung wird Zinkstaub und Ofenbruch gewonnen, welcher ohne Gasleitung verloren geht, im Werthe von	—	—	—		1000
	Bleibt Summa pr. Jahr .	—	—	—		12014 Thlr.
	oder pr. Tag .	—	—	—		12014 Pf.

Es kosten daher bei dem täglichen Verbrauch von 20,368,000 Cubikfuss 1000 **Cubikfuss = 0,589 Pfennig.**

B. Kosten des heissen Windes.

a. Bei Feuerung der Erhitzungsapparate mit Steinkohl

	Gegenstand.	Werth. Thlr.	Jährliche Abnutzung. Proc.	Zinsen. Proc.	Jährlicher I Thlr.	
	α. Anlage.					
1—5.	Wie sub A, a, α	—	—	—	8290	
7.	Drei Winderhitzungapparate	15000	10	5	2250	1054
	β. Betrieb (360 Tage jährlich).					
1—3.	Wie sub A, a, β	—	—	—	14040	
4.	Unterhaltung, namentlich Auswechseln schadhafter Röhren	—	—	—	600	
5.	Feuerung der Winderhitzungs-Apparate, 240 Ctr. Kleinkohlen pr. Tag, à $2^2/_{12}$ Sgr. . . .	—	—	—	6240	
6.	Schürerlöhne	—	—	—	576	2145
	Summa pr. Jahr .	—	—	—		3199
	Summa pr. Tag	—	—	—		3199

Es kosten daher bei dem täglichen Verbrauch von 20,368,000 Cu
1000 Cubikfuss 160⁰ warmen Windes = 1,571 Pfennig.

b. Bei Feuerung mit Hochofengasen.

	Gegenstand.	Werth. Thlr.	Jährliche Abnutzung. Proc.	Zinsen. Proc.	Jährlicher B Thlr.	
	α. Anlage.					
1—6.	Wie sub A, b, α	—	—	—	9790	
7.	Wie sub B, a, α	—	—	—	2250	
8.	Gasleitung zu den Erhitzungsapparaten . . .	1000	10	5	150	1219
	β. Betrieb.					
1—3.	Wie sub A, b, β	—	—	—	13014	
4.	Unterhaltung (die Röhren leiden weniger als bei Steinkohlenfeuerung) .	—	—	—	400	1341
	Summa pr. Jahr .	—	—	—		2560
	γ. Gewinn.					
	An zinkhaltigen Nebenproducten wie sub A, b. γ	—	—	—		100
	Bleibt Summa pr. Jahr .	—	—	—		2460
	oder pr. Tag	—	—	—		2460

Es kosten daher bei dem täglichen Verbrauch von 20,368,000 Cu
1000 Cubikfuss 160⁰ warmen Windes = 1,208 Pfennig.

k. Wirkungsweise des Windes im Hochofen.

Nachdem die Apparate zur Erzeugung und Fortführung des Windes bis in den Ofen betrachtet worden sind, kommen wir zur Untersuchung über die Wirksamkeit des Windes beim Hochofenprocess. Es wird dabei die Wirksamkeit des Windes im Allgemeinen, im kalten und im erhitzten Zustande ins Auge zu fassen sein und das folgende Capitel ist daher als eine Fortsetzung der Untersuchungen, welche auf Seite 77 u. f. begonnen worden sind, zu betrachten.

1. Wirkungsweise des Windes im Allgemeinen.

Der Wind, welcher in den Hochofen eingeblasen wird, hat den Zweck, das in dem Theile des Ofens, in welchen er einströmt, befindliche Brennmaterial zu verbrennen. Gewöhnlich giebt man im Hochofen als Brennmaterial Koks oder Holzkohlen, seltener rohe Steinkohlen oder Holz auf. Es ist indessen gleichgültig, ob man rohe oder verkohlte Brennstoffe angewendet hat, denn in der Gegend der Form sind auch erstere in den verkohlten Zustand übergegangen und enthalten daher im Wesentlichen ausser den Aschenbestandtheilen, welche uns für jetzt nicht weiter interessiren, nur Kohlenstoff. Wenn Luft mit einem etwa 300° heissen Kohlenstoff (die Temperatur des vor die Formen gelangenden Brennmaterials im Hochofen übersteigt stets diese Temperatur) in Berührung kommt, so verbrennt der Kohlenstoff unter Aufnahme von 2 Aequivalenten Sauerstoff und Abgabe der erzeugten Hitze an die erzeugte Kohlensäure und denjenigen Stickstoff, welcher in der atmosphärischen Luft mit der im Hochofen verzehrten Sauerstoffmenge gemischt war. Wenn die erzeugte Kohlensäure indessen in Berührung mit glühenden Kohlen kommt, was im Hochofen ebenfalls stets der Fall ist, so wird sie, sobald kein freier Sauerstoff mehr vorhanden ist, durch Aufnahme von Kohlenstoff in Kohlenoxydgas umgewandelt. Das Kohlenoxyd ist ein nicht mehr reducirbares Gas und muss daher in Gemeinschaft mit der Gesammtmenge des Stickstoffs unverändert aufwärts steigen, bis es Stoffe findet, die eine abermalige Oxydation desselben gestatten. Man wird daher unmittelbar vor der Form eine Region finden müssen, in welcher eine vollständige Oxydation zu Kohlensäure stattfindet, also das Maximum der Temperatur herrscht. Von da ab wird ein allmäliger Uebergang, eine Reihe von Zonen, vorhanden sein, wo Kohlenoxydgas neben Kohlensäure in immer stärkerem Maasse auftritt, und der übrige Raum wird nur Kohlenoxyd enthalten. Durch diese Reduction wird die Temperatur allmälig wieder sinken. Denjenigen Theil, in welchem die höchste Temperatur herrscht, nennt man den **Focus**[1]) der Form. Von

---

[1]) Man hat sich den Focus nicht als Punkt vorzustellen. Fände der Windstrom bei seinem Eintritt in den Hochofen kein Hinderniss an Kohlen, Eisen und Schlacken, so würde er, da er immer mehr zur Verbrennung aufgebraucht wird, eine ungefähr kegelförmige Gestalt zeigen, welche nur durch das Bestreben der Gase, aufwärts zu steigen, so verändert würde, dass die Achse des Kegels eine

dem Focus jeder Form aus würden diese Zonen in concentrischen Kugeln sich ausdehnen, wenn nicht eine Veränderung dieser Kugelform durch das Bestreben der Gase, nach aufwärts zu steigen, bedingt wäre. Die Mittelpunkte der Zonen werden daher etwa in einer nach oben steigenden Parabel liegen, deren Axe die Gestellwand des Hochofens bildet.

2. Kalter Wind.

1 Pfund Kohlenstoff zu Kohlensäure verbrannt, entwickelt circa 8000 Wärmeeinheiten, zu Kohlenoxydgas verbrannt circa 2400. Diejenige Menge Kohlenoxydgas, die 1 Pfund Kohlenstoff enthält, zu Kohlensäure verbrannt, entwickelt circa 4600 Wärmeeinheiten. Es gehen demnach von den 8000 Wärmeeinheiten nach der Reduction zu Kohlenoxydgas 4600 verloren.

Berechnet man die hierbei entwickelten Temperaturen, so zeigt sich, dass die Temperatur, welche bei der Verbrennung von einer Gewichtseinheit Kohlenstoff in Form von Holzkohle oder Koks von 0° Temperatur in einer 0° warmen atmosphärischen Luft unter mittlerem atmosphärischen Druck hervorgebracht wird, wenn Verbrennung zu Kohlensäure erfolgt, 2716° C. beträgt, während unter denselben Verhältnissen die Verbrennung zu Kohlenoxydgas 1486° C. hervorruft [1]).

Parabel statt einer geraden Linie bildete. Das beste Bild von dieser Gestalt giebt die Flamme, welche man erhält, wenn man mit dem Löthrohr recht schwach in eine Kerzenflamme bläst. Der Focus, oder die Orte der energischsten Verbrennung, werden daher als Mantel diesen kegelförmigen Raum umgeben. Wegen der Brechung des Windstromes aber kann man sich den Kegel zu einer Kugel zusammengedrückt und den Focus als die Hülle dieser Kugel denken.

[1]) Die Temperatur

$$T = \frac{pc}{(c + 2{,}76\,c)\,s + ns'} = \frac{8080\,.\,1}{(1 + 2{,}67\,.\,1)\,0{,}2164 + \frac{77}{23}\,2{,}67\,.\,1\,.\,0{,}244}$$

$$= \frac{8080}{2{,}975} = 2716^0$$

und

$$T_1 = \frac{p''c}{(c + 1{,}33\,c)\,s' + n'\,s''} = \frac{2473\,.\,1}{(1 + 1{,}33\,.\,1)\,0{,}248 + \frac{77}{23}\,1{,}33\,.\,1\,.\,0{,}244}$$

$$= \frac{2473}{1{,}664} = 1486^0,$$

worin p die absolute Wärmemenge des Kohlenstoffs bei der Verbrennung zu Kohlensäure, p'' dieselbe bei der Verbrennung zu Kohlenoxyd nach Favre und Silbermann, c die Menge des Kohlenstoffs = 1, n und n' die Gewichtsmengen des Stickstoffs entsprechend dem zur Verbrennung nöthigen Sauerstoff, s die specifische Wärme der Kohlensäure, s' die des Kohlenoxydgases und s'' die des Stickstoffes nach Regnault bezeichnet. Die geringe Abweichung gegen Seite 83 rührt von der Anwendung genauerer Coefficienten für die specifische Wärme her. Wir bemerken bei dieser Gelegenheit, dass auf den absoluten Werth dieser Zahlen für die Entwickelung der Theorie wenig ankommt. Die bedeutende Differenz zwischen der Verbrennungstemperatur des Kohlenstoffs zu Kohlensäure und der Verbrennungstemperatur des Kohlenstoffs zu Kohlenoxyd ist jedenfalls ein nicht in Abrede zu stellendes Factum. Alle anderen Schlüsse ändern sich in demselben Verhältnisse, als man die absolute Verbrennungstemperatur höher oder niedriger annimmt. Wenn daher auch die Percy'schen Formeln (vergl. Bd. I. der Metallurgie) nicht ausreichend sein sollten, um die Verbrennungswärme genau zu be-

Die Differenz 2716 — 1486 = 1230° kann als die Temperaturerniedrigung bei Reduction der Kohlensäure zu Kohlenoxydgas angenommen werden, welche allmälig stattfindet, bis alle Kohlensäure reducirt ist.

Vorwärmung des Brennmaterials. Der Temperaturgrad wird indessen wesentlich durch zwei Umstände vermehrt; erstens dadurch, dass die zur Verbrennung kommenden Kohlen nicht die Temperatur von 0° haben, sondern bereits auf die Verbrennungstemperatur vorgewärmt sind, und zweitens dadurch, dass im Ofen nicht die Spannung der Atmosphäre, sondern eine höhere herrscht.

Die Temperaturerhöhung durch die Vorwärmung der Kohlen lässt sich auf folgende Weise ermitteln: Durch den 0° warmen Kohlenstoff werden 8080 [1]) Wärmeeinheiten erzeugt. Derselbe kommt mit 2716° C. im Gestell zur Verbrennung und da seine specifische Wärme 0,24 für Holzkohle, 0,20 für Koks [2]), im Durchschnitt 0,22 beträgt, so erhält man für die Gewichtseinheit Kohle 2716 . 0,22 = 597 Wärmeeinheiten. Diese werden bei der Verbrennung frei, d. h. die ihnen entsprechende Temperatur tritt der vorhin gefundenen hinzu. Die vorhandene Wärmemenge wird daher 8080 + 597 = 8677 Wärmeeinheiten betragen, die Temperatur folglich $= \frac{8677}{2,975} = 2917°$ C., d. h. um 201° C. höher sein, als die oben angenommene [3]).

Pressung im Hochofengestell. Der zweite Umstand, welcher eine Temperaturerhöhung bedingt, die Pressung, die im Inneren des Hochofens herrscht, ist ein noch wenig untersuchter Punkt.

Tunner hat die Anregung zur Erörterung dieser Frage gegeben und Schmidhammer zu Neuberg auf Rittinger's Veranlassung genaue Versuche angestellt. Die Anwendung, welche der Letztere, Hauer und Andere von diesen Ermittelungen auf die Berechnung des von den Gebläsen gelieferten Windquantums gemacht haben, ist Seite 67 u. f. bereits erwähnt. Es ist von Interesse, die Art und Weise der Beobachtungen näher kennen zu lernen.

Tunner [4]) hatte lange schmiedeiserne Röhren angewendet, welche von der Gicht aus eingesenkt wurden und in deren oberes Ende man ein Manometer steckte. Es ist klar, dass durch die Reibung in den langen engen Röhren, welche nur 1/2 Zoll inneren Durchmesser besassen, und durch das Verstopfen derselben die Resultate ungenau werden mussten. Die Hochöfen, die zur Anstellung der Versuche dienten, waren die zu Eisenerz und St. Stefen, ersterer hatte 36 Fuss österr. = 36 Fuss 3 Zoll

rechnen (vergl. Berichte der deutschen chemischen Gesellschaft Bd. I, 1868. S. 18), so stört dies doch die daran geknüpften Schlussfolgerungen nicht.

[1]) Favre und Silbermann. — [2]) Regnault. — [3]) Da der Nenner der Formel $T = \frac{pc}{(c + 2,67\,c)\,s + n\,s''}$ derselbe bleibt und nur für das anfängliche $p = 8080$ jetzt $p = 8677$ eintritt. — [4]) Leobener Jahrb. 1860, S. 286.

preuss. = 11,38 Meter Höhe und die Form lag 20 Zoll österr. Millimeter über dem Boden, letzterer war 40 Fuss österr. = 3½ Zoll preuss. = 12,64 Meter hoch und die Form lag 2 Fus = 632 Millimeter über dem Boden. Tunner fand vor den For ersteren Ofens 48 bis 54 Linien österr. (105 bis 118½ Millimete sersäule (7,7 bis 8,7 Millimeter Quecksilber), während die Windp an den Düsen 18 bis 22 Linien österr. (39½ bis 48¼ Millimeter) silber = 20½ bis 25 Zoll (540 bis 658 Millimeter) Wassersäule

In St. Stefen schwankte die Gasspannung weit mehr, nämli schen 30 und 50 Linien österr. (65,8 und 109,8 Millimeter) Was (4,8 bis 8,1 Millimeter Quecksilber) bei 8 bis 12 Linien österr. bis 26¼ Millimeter) Quecksilber Windpressung.

Schmidhammer wendete die folgende von Rittinger vorg nete Methode an [1]: Der Hochofen zu Neuberg wird durch drei mit Wind versorgt. Die Drosselklappen, welche den Luftzutritt selben reguliren, wurden ganz geöffnet, nach eingetretenem Beha zustande die Druckhöhe hinter den Düsen in der Windleitung Manometer abgenommen und die Anzahl der Spiele des Gebläses nute notirt. Hierauf wurden, ohne an den sonstigen Verhältnisse zu ändern, die Düsen soweit als thunlich (circa 16 Zoll) zurückgezo dass die Luft nunmehr statt in das Gestell in das Formengewöl strömte. Der Erfolg war, bei verminderter Manometerhöhe, ein mehrung der Umgangszahl des Gebläses.

Durch Verminderung des Dampfzutritts zur Gebläsedampfm wurde jetzt die Anzahl Umgänge wieder auf die ursprüngliche gesetzt, was ein weiteres Herabsinken des Manometerstandes zu hatte. Da die Anzahl Umgänge jetzt ebenso gross wie zu Anfa Versuchs war, so hat das Gebläse in beiden Zuständen gleich gros gen Wind angesogen und ausgeblasen. Der höhere Manometerst Anfang, wo die Düsen in das Hochofengestell bliesen, rührte a dem Widerstande der darin befindlichen Luft her, welche eine als die atmosphärische Spannung besass.

Für das pr. Secunde aus einer Düse ausströmende Luftgew kann man die Näherungsformel

$$L_1 = A\sqrt{\delta_1 H_1}$$

anwenden, wenn A alle die während des Versuches unverändert gebl Grössen [2]) bezeichnet, δ_1 das specifische Gewicht der vor der D findlichen Luft und H_1 den Unterschied der Wassermanomete welche den Pressungen in der Windleitung und vor der Düse ents

Diese Formel findet unmittelbar Anwendung auf den Schl Versuches, d. h. wenn die Düse in die freie Luft bläst, da die M terhöhe der Luft vor der Düse dann = 0 ist. δ_1 ist dann das

---

[1]) Berggeist 1862, Nr. 74, S. 297, und Oesterr. Zeitsch. 1862, Nr. 13. — flusscoëfficient, Düsenquerschnitt etc.

ewicht der Atmosphäre. — Für den Anfang des Versuches jedoch, Düse ins Gestell mündete, hat man, wenn h die Manometerhöhe stell und δ das specifische Gewicht der Luft daselbst bedeutet und abgelesene Manometerhöhe

$$L = A \sqrt{\delta (H - h)}.$$

)as Gebläse hatte aber in beiden Fällen gleichviel Luft angesogen usgeblasen, es ist also $L = L_1$, folglich

$$\delta_1 H_1 = \delta (H - h).$$

)ie specifischen Gewichte δ und δ_1 verhalten sich wie die zugehö- Wasserbarometerhöhen, es ist also, wenn h in Fussen Wassersäule drückt wird,

$$\frac{\delta_1}{\delta} = \frac{32}{32 + h}.$$

Nun beträgt h höchstens $1\frac{1}{4}$ bis $1\frac{1}{2}$ Fuss, daher kann δ_1 annä- $= \delta$ gesetzt werden und es ergiebt sich

$$H_1 = H - h \text{ und}$$
$$h = H - H_1,$$

die Pressung im Gestell ist gleich dem Unterschied der Pressungen, e bei gleicher Umgangszahl des Gebläses in der Windleitung ein- , wenn die Düse einmal in das Gestell, das andere Mal in die freie mündet.

Es wurden beim Neuberger Hochofen im Mittel nachstehende silbermanometerstände beobachtet:

	Im Mittel.	An der südlichen Düse.	An der nördlichen Düse.	An der westlichen Düse.
	Linien (österr.) Quecksilberstand im Manometer.			
rgeschobenen Düsen .	22,5	23,5	21,5	22,5
rückgezogenen Düsen .	14,5	15	14,5	15
Die Differenz von	8	8,5	7,0	7,5
Daher Millimeter	17,5	18,6	15,3	16,4

)ie Differenz von 8 Linien oder $17\frac{1}{2}$ Millimeter entspricht also der ng im Gestell. Ein zur Controle in eine Oeffnung der Ofenbrust ktes Manometer ergab eine höhere Pressung, nämlich 11 Linien 24 Millimeter. Diese Verschiedenheit erklärt sich daraus, dass die verhältnisse nur ein geringes Zurückziehen der Düsen gestatteten, im Formgewölbe nicht der einfache atmosphärische, sondern ein r Druck herrschte; es spricht hierfür der Umstand, dass selbst nach

zurückgezogener Düse das Manometer im Gestell noch eine Pressung v
5,5 Linien oder 12 Millimeter zeigte.

Später haben Rinman und Fernqvist Ermittelungen der Pressu
an schwedischen Hochöfen angestellt. Sie nahmen die Pressung a
Wassermanometer ab, welches wie bei den Versuchen Tunner's i
eiserne Röhren angesetzt wurde. Es ergaben sich [1]:

Beim Hochofen zu Hammarby (im Jahre 1862) 54 Linien schwe
= 73,5 Linien preuss. = 160 Millimeter Wassersersäulenpressung (11,
Millimeter Quecksilber) im Gestell.

Der Hochofen war 42 Fuss schwed. = 39,7 Fuss preuss. = 12,
Meter hoch, der Durchmesser im Gestell betrug 3 Fuss schwed. = 2,
Fuss preuss. = 0,89 Meter; die drei Formen hatten 0,167 Fuss schw
= 22,7 Linien preuss. = 49,5 Millimeter Weite, der 200° C. war
Wind zeigte 15 bis 17 Linien schwed. = 20,4 bis 23,1 Linien preu
= 44,4 bis 50,3 Millimeter Quecksilber Pressung.

Beim Hochofen zu Forssjö (im Jahre 1863) fand man 30 bis 41 Li
nien schwed. = 40,8 bis 55,8 Linien preuss. = 88,8 bis 121,4 Mi
meter Wassersäulenpressung (6,5 bis 8,9 Millimeter Quecksilber) i
Gestell.

Derselbe ist 44 Fuss schwed. = 41,6 Fuss preuss. = 13,06 Met
hoch, das Gestell an den Formen 3½ Fuss schwed. = 3,3 Fuss preu
= 1,04 Meter im Durchmesser. Die beiden Formen hatten 0,208 Fu
schwed. = 28,3 Linien preuss. = 61,7 Millimeter Weite, der 170°
warme Wind zeigte 12 bis 13 Linien schwed. = 16,3 bis 17,7 Lin
preuss. = 35,5 bis 38,5 Millimeter Quecksilberpressung.

Beim Hochofen zu Hasselfors (im Jahre 1864) fand man 42 Lin
schwed. = 57 Linien preuss. = 124 Millimeter Wassersäulenpress
(9,1 Millimeter Quecksilber) im Gestell.

Der Hochofen ist 35 Fuss schwed. = 33,1 Fuss preuss. = 10,
Meter hoch, an den Formen 2,6 Fuss schwed. = 2,4 Fuss preuss. =
0,772 Meter breit und 3 Fuss schwed. = 2,8 Fuss preuss. = 0,892 Me
tief. Die drei Formen haben 0,2, 0,195 und 0,165 Fuss schwed. = 27
26,5, 22,4 Linien preuss. = 59,2, 57,7, 48,8 Millimeter Durchmes
Der 200° warme Wind zeigt 10½ Linien schwed. = 14,3 Linien pre
= 31,1 Millimeter Quecksilber Pressung.

In der nachstehenden Tabelle sind diese Resultate zusammengest
Für die beiden letzten Hochöfen wurden die gerade bei Ablesung d
Pressung im Gestell herrschenden Windpressungen an den Formen an
führt. Die Pressungen sind ins Gesammt auf Quecksilberhöhe sowie
Millimeter übertragen.

---

[1]) Berg- und hüttenm. Zeitung 1861. S. 406.

Hochofen.	Beobachter.	Ofenhöhe.		Wind-temperatur.	Wind-pressung.	Pressung im Gestell.
		Ganze.	Bis zur Form.			
		Meter.		Grade Celsius.	Quecksilbersäule Millimeter.	
Eisenerz . .	Tunner	11,38	10,85	200	39,5—48,25	7,7—8,7
St. Stefan .	"	12,64	12,01	200	17,5—26,25	4,8—8,1
Neuberg . .	Schmidhammer	13,67	—	—	49,4	24,1
Hammarby .	Rinman und Fernqvist	12,47	11,95	200	47,4	11,75
Forssjö . . .	"	13,06	12,54	170	37,0	6,5—8,9
Hasselfors .	"	10,39	9,87	200	31,75	9,1

Ursachen der Pressung im Gestell. Die Pressung im Gestell hat mehrere Ursachen, die verschiedene Resultate bei verschiedenen Oefen voraussehen lassen. — Die Pressung wird nämlich bedingt:

1) Durch die Windpressung.
2) Durch die Ofenhöhe über der Form.
3) Durch die Beschaffenheit der Materialien, welche mehr oder weniger dicht liegen und daher den aufsteigenden Gasen mehr oder weniger Hindernisse bieten können.
4) Durch die im Ofen herrschende Temperatur. Die eingeblasene Luft ändert zwar durch die Bildung von Kohlensäure an sich ihr Volumen nicht, aber die Temperatur von circa 2000°, auf welche die Gase plötzlich bei der Verbrennung erhitzt werden, bedingt eine Ausdehnung derselben auf das mehr als 7fache Volumen [1]), welcher nur bei sehr weiten Gestellen das Gas folgen kann, während im Uebrigen an Stelle dieser Ausdehnung eine Erhöhung des Druckes treten wird.

Wirkung der Pressung im Gestell auf die Temperatur. Dass die Wärme durch die Spannung der Verbrennungsproducte erhöht werden müsse, ergiebt sich aus der Betrachtung, dass nunmehr die entwickelte Wärme sich in einem kleineren Volumen Verbrennungsproducten vertheilt als vorher. Sie wird im umgekehrten Verhältniss zum Volumen steigen, also im geraden zur Pressung. Ist das ursprüngliche Vo-

[1]) Diese höhere Pressung ist auch ein Grund, weshalb man, um keinen Verust an Wind zu erleiden, namentlich bei engen Gestellen durch Düsenringe u. s. w. inen luftdichten Abschluss der Form herstellen muss.

Die Luft dehnt sich bekanntlich mit jedem °C. um $\frac{1}{270}$ oder um 0,00366 ihres olumens aus, vergl. Seite 84.

lumen v, das neue v', die ursprüngliche Temperatur t, die erhöhete t', so ist $v' : v = t : t'$ [1]). Den Pressungen von 4 und 11 Linien oder 0,00872 und 0,02397 Meter entsprechen z. B. die Temperaturen von 2950 und 3009° C.; denn es verhält sich: 0,76 : (0,76 + 0,0087) und 0,76 : (0,76 + 0,0224) $= t : t'$; und da $t = 2917°$ (S. 187), so haben wir $t : t' = 2917 : x$, wo x im ersten Falle

$$= \frac{2917 \,.\, 0{,}7687}{0{,}76} = 2950^{\circ} \text{ C.},$$

dagegen im zweiten Falle

$$= \frac{2917 \,.\, 0{,}784}{0{,}76} = 3009^{\circ} \text{ C.}$$

Reduction der Temperatur. Die im Vorliegenden ermittelten Temperaturen sind, um einen hinreichenden Vergleich zu gestatten, unter der Annahme berechnet, dass eine sofortige vollständige Verbrennung des Kohlenstoffs zu Kohlensäure stattfinde und dass ausser den Verbrennungsgasen und dem Stickstoff der Luft keine weiteren Wärme absorbirenden Substanzen vorhanden seien. Beides ist jedoch in der Wirklichkeit nicht der Fall. Der Sauerstoff des einströmenden Windes bedarf einer gewissen Zeit, ehe er sich mit Kohlenstoff zur Bildung von Kohlensäure sättigen kann; in dem Raume unmittelbar vor der Form wird daher ein Ueberschuss an Luft vorhanden sein und erst in einer gewissen, von der Dichtigkeit des Brennmaterials und der Pressung des Windes abhängigen Entfernung, an der Hülle des Focus jeder Form, wird die vollständige Verwandlung des Sauerstoffs in Kohlensäure stattgefunden haben. Umgeben ist die noch nicht verzehrte Luft von einem aus Kohlensäure bestehenden Mantel. Diese Kohlensäure aber kommt sofort in Berührung mit glühenden Kohlen und wird kaum nach ihrer Entstehung auch wieder in Kohlenoxydgas verwandelt, welches daher den übrigen Raum ausfüllt. So lässt sich schon von vornherein einsehen, dass der Raum, in welchem nur Kohlensäure auftritt, ein sehr beschränkter ist, während sich in dem nach der Form zu liegenden Theile unzersetzte Luft, im übrigen Raume aber Kohlenoxydgas mit Kohlensäure gemeinschaftlich, oder Kohlenoxydgas allein vorfindet. Versuche, welche Tunner angestellt hat, und welche in dem Abschnitte über die Gase des Hochofens ausführlich beschrieben werden sollen, bestätigen diese Voraussetzung vollständig. Es wird daher das Brennmaterial nicht zur Verbrennungstemperatur der Kohlensäure vorgewärmt zur Verbrennung selbst gelangen, weil es nur eine sehr kurze Zeit in dieser Temperatur zu verweilen Gelegenheit hat. Eine zweite Temperaturverminderung erleiden die erzeugten Verbrennungsproducte durch die geschmolzenen Producte, das Eisen und die Schlacke, welche zu ihrer Schmelzung der erzeugten Hitze bedürfen. Wenn man das auf eine Gewichtseinheit Kohlenstoff kommende Gewichtsquantum dieser Sub-

[1]) Schinz, Wärmemesskunst, S. 207.

anzen mit ihrer specifischen Wärme multiplicirt und das Product in der ur Berechnung der Verbrennungstemperatur benutzten Formel dem Nenner hinzuaddirt, so erhält man in dem neuen Quotienten die durch die erwähnte Wärmeentziehung reducirte Temperatur [1]).

Es ergiebt sich hieraus, dass die Temperatur um so niedriger, je grösser die Menge der Erze, der Zuschläge und des Aschengehalts der Brennmaterialien im Verhältniss zu dem in letzteren enthaltenen Kohlenstoffe ist.

Praktische Regeln. Aus diesen Betrachtungen, bei welchen von der Temperatur des Windes ganz abgesehen wurde, lassen sich bereits folgende praktische, d. h. für die Praxis nutzbare und durch die Praxis bestätigte Regeln folgern:

1) Je mehr Wind in den Ofen geblasen wird, um so mehr Brennmaterial wird in derselben Zeit verbrannt, um so mehr Wärme erzeugt, um so mehr Materialien können daher geschmolzen werden und um so schneller wird der Gang des Ofens, um so höher daher auch die Production sein. Dies findet nur darin, wie wir später sehen werden, eine bestimmte Grenze, dass das Eisenoxyd einer gewissen Zeit zu seiner Reduction, das reducirte Eisen einer gewissen Zeit zu seiner Kohlung bedarf, ehe Schmelzung eintreten darf, aber in der Praxis wird selten diese Grenze erreicht, geschweige überschritten.

2) Je weiter das Gestell des Ofens, je grösser die in letzterem herrschende Spannung und je dichter das Brennmaterial ist, desto höher muss die Pressung des Windes sein, um die erforderliche Temperatur in das Innere des Gestells fortzupflanzen.

Verhältniss zwischen Windpressung und Düsenquerschnitt. Je höher die Pressung des Windes bei gleichem Brennmaterial und gleichem Windquantum, um so schneller wird die vollständige Umwandlung des Windes in Kohlensäure vor sich gehen, um so höher daher die Temperatur sein. Dieser Lehrsatz bedarf des Beweises. Bei starker Pressung und folglich kleinen Düsen wird der in den Ofen dringende Luftkegel im Verhältniss schmäler und länger sein, als bei schwacher Pressung und grossen Düsen. Die Oberfläche des Luftkegels ist daher im ersten Falle grösser im Verhältniss zu seinem Inhalt als im zweiten, und es muss in Folge dessen im ersten Falle auch die Umwandlung des Sauerstoffs der Luft in Kohlensäure schneller vor sich gehen. Zu stark wird die Pressung nur dann sein, wenn das Gestell oder bei gegenüberliegenden Formen mehr als die Hälfte desselben von dem Luftstrom so schnell durchdrungen wird, dass dem Sauerstoff desselben nicht Zeit bleibt, sich auf diesem Wege vollständig in Kohlensäure umzuwandeln. Es wird dann eine Ausdehnung

[1]) $T = \frac{p \cdot c}{(c + 2{,}67\, c)\, s + n s'' + A s'''}$, wenn A die Gewichtsmengen der zu schmelzenden Körper und s''' deren specifische Wärme bezeichnet.

der freien Sauerstoff enthaltenden Zonen nach oben hin stattfinden, es wird die Verbrennung und die durch sie erzeugte Temperatur auf einen grösseren Raum vertheilt und in Folge dessen eine grössere Menge Brennmaterial verbraucht, ohne einen grösseren Effect zu erreichen als den, welchen man erlangte, wenn die Windströme, ehe sie den Ofen durchdrungen oder sich gegenseitig gekreuzt hatten, zur Kohlensäurebildung schon verbraucht waren. Die richtige Pressung des Windes lässt sich nur durch Erfahrung feststellen; wenn es das Gebläse erlaubt, wird man so lange mit der Pressung steigen, als sich unter sonst gleichen Umständen der Brennmaterialverbrauch vermindert. Da von der Quantität des Windes nun aber die Höhe der Production oder besser gesagt die Schnelligkeit des Ofenganges abhängig ist, so wird man, wenn man letztere nachdem das Maximum der vortheilhaften Pressung bereits erreicht ist, noch vergrössern will, nicht die Pressung erhöhen dürfen, sondern bei gleicher Pressung die Düsen erweitern und dann das Gebläse schneller arbeiten lassen müssen.

Man kann im Allgemeinen wohl behaupten, dass in Folge unzureichender Gebläsemaschinen bei den meisten Hochöfen die Windpressungen zu niedrig sind.

Im Anfang dieses Jahrzehnts hatte sich ein heftiger Streit zwischen den Hüttenleuten, namentlich in Belgien, entsponnen, ob es zweckmässiger sei, für ein gegebenes Windquantum weite Düsen und geringe Pressungen, oder kleine Düsen und hohe Pressungen anzuwenden. Der Streit entstand hauptsächlich bei der grossartigen Vermehrung des Windquantums überhaupt, welches man einem Hochofen behuf Steigerung seiner Production zuführte; man entschied sich indessen, nach vielen misslungenen, oft sehr unökonomischen Versuchen, für diejenige Mittelstrasse, welche wir als die Norm für die Praxis aufgestellt haben.

Zahl der Formen. Es wird jetzt noch die Frage entschieden werden müssen, ob es zweckmässig sei, bei gegebenem Windquantum und gegebener Pressung mehrere kleine oder weniger grosse Formen anzubringen.

Wenn es bei sehr kleinen Holzkohlenhochöfen möglich war, mit einer Form auszureichen, so verbietet sich dies bei weiteren Gestellen und grösseren Oefen sehr bald. Die ungleichmässige Vertheilung der Hitze bewirkt ein ungleichmässiges Niedergehen der Beschickung des Hochofens und in Folge dessen Störungen vom nachtheiligsten Einflusse. Man legt also, um eine möglichst gleichmässige Vertheilung des Windes zu erzielen, mehrere Formen rings um den Ofen, und es würde sich empfehlen, deren so viele wie möglich anzubringen, wenn nicht zwei Gründe eine Grenze setzten. Erstens darf man das Mauerwerk des Ofens nicht zu sehr schwächen, was durch die Anlage zahlreicher nahe an einander liegender Formöffnungen geschehen würde, zweitens wird durch zu viele Formen die Hitze an die Ofenwände gezogen, ohne in das Innere

des Gestells zu dringen; denn da unter der Voraussetzung eines gleichen Windquantums und gleicher Pressung mit der Zahl der Düsen der Querschnitt derselben abnimmt, so vermindert sich auch in demselben Verhältnisse der Durchmesser der Windströme. Windströme von geringem Durchmesser sind aber aus den oben angeführten Gründen zu einer schnellen Verbindung mit dem Kohlenstoff geneigt, die Verbrennung findet daher hauptsächlich in der Nähe der Gestellwandungen statt. Es entsteht der sogenannte Gestellbrand. Man begnügt sich bei mittleren Gestellen mit drei Formen und wendet bei solchen von 4 bis 7 Fuss fünf, bei grösserem Durchmesser bis sieben Formen an. Man vertheilt sie stets so, dass man den Umfang des Gestelles in einen Theil mehr theilt als Formen angewendet werden sollen; dieser überschüssige Theil fällt auf die Arbeitsseite. Man hat zwar, namentlich in Süd-Wales, auch eine Form im Tümpel angelegt, aber es ist dies stets ein Beweis eines nicht guten Betriebes, denn durch den Ausfluss der Schlacke und den Eintritt des Eisens in den Vorheerd wird an sich schon die Wärme nach diesem Theile gezogen, und ein schnelleres Niedergehen der Gichten findet hier ohnehin gegen die Absicht des Hochöfners statt. Aus diesem Grunde bläst man auch in Süd-Wales neuerdings nur im Nothfalle mit dieser Brustform oder Tümpelform (*tymp-twyer*) [1]. Nur bei Blauöfen kann man ohne Nachtheil auch eine Brustform anwenden.

Richtung der Formaxen. Die Richtung der Axen gegenüberliegender Formen pflegt man nicht in eine Verticalebene zu legen, um ein Stauen der Windströme zu vermeiden. Entspricht indessen die Düsenweite dem Durchmesser des Hochofengestelles derart, dass der Windstrom nicht über die Mitte des letzteren vordringen kann, was, wie gezeigt worden ist, bei einer richtigen Leitung des Hochofenbetriebes stets der Fall sein sollte, so ist auch bei gegenüberliegenden Formen kein Nachtheil zu befürchten. Die Formen in zwei Niveaus anzulegen, wie dies z. B. bei den Anthracitöfen von Ystalifera in Süd-Wales der Fall ist, kann nicht als rationell gebilligt werden. Der aus dem unteren Niveau aufsteigende Gasstrom muss hier unter allen Umständen mit den Windströmen des oberen Niveaus in Collision kommen und es werden die als Folgen einer zu hohen Windpressung geschilderten Uebelstände in verstärktem Maasse auftreten.

Man legt die Formen mit ihren Axen horizontal. Giebt man denselben eine Neigung nach unten, so wirken die Windströme auf das angesammelte Roheisen ein und entkohlen es theilweise. Ein Ansteigen der Formen wird zuweilen als Aushülfsmittel benutzt, wenn man bei sehr engen Gestellen die Production an grauem Giessereiroheisen, natürlich dann unter erhöhtem Brennmaterialverbrauch vergrössern will. Bei richtig gewählten Verhältnissen hat ein Ansteigen überhaupt keinen Zweck.

[1] Études sur les Hauts fourneaux p. Vathaire, p. 126.

Höhe der Formen. Die Höhe der Formen über dem Bo
des Ofens richtet sich nach der Menge des Eisens, welches man
meln will. Es darf die Wärmequelle, welche sich im Niveau der
befindet, nicht zu fern vom Boden liegen, sonst kühlen sich die a
melten Massen zu sehr ab. Die gewöhnliche Höhe ist $2^1/_2$ Fus
Holzkohlenhochöfen geht man bis $1^1/_4$ Fuss herab, bei grossen Ko
öfen bis auf 3 Fuss hinauf.

3. Erhitzte Gebläseluft.

Nachdem bereits im Vorhergehenden (Seite 89 u. f.) der Nut
heissen Windes in Bezug auf Brennmaterialersparniss und Erhöhu
Production durch praktische Beispiele bewiesen ist, bedarf es n
theoretischen Erklärung dieses Factums.

Gegner des heissen Windes. Wir wollen zuerst kurz ü
Behauptungen derjenigen fortgehen, welche eine entschiedene W
des erhitzten Windes in dieser Beziehung überhaupt leugnen, d
werden durch die tägliche Erfahrung geschlagen. Zu ihnen geh
Verfasser des bekannten englischen Werkes über Eisenhüttenwesen
ran [1]). Derselbe führt zur Bestätigung seines Urtheils Folgendes
„Die Ersparniss an Brennmaterial und die Steigerung der Prod
welche eine Folge des erhitzten Windes ist, beträgt im Allgemei
Wirklichkeit nur $^1/_4$ von der dem letzteren zugeschriebenen Wi
Manche gehen so weit, dass sie behaupten, durch die alleinige Einf
des erhitzten an Stelle des früher gebrauchten kalten Windes s
des zur Erzeugung eines Gewichtes Roheisen erforderlichen Bren
rials auf schottischen Werken erspart werden. Dahin gehört a
verstorbene Mushet. Nach ihm soll vor der Einführung des
Windes der Verbrauch an Kohle auf der Clyde-Hütte 7 tons
= 143 Centner auf 1 ton = 20 Ctr. gewesen sein. Dies schei
aufs Jahr 1797 zu beziehen [2]). Mushet giebt nämlich für 1 t
eisen an:

	tons.	cwts.	qrs.	lbs.	Ctr.
Kohle (welche verkokt aufgegeben wird) .	7	8	—	4	= 1
Eisenstein (roh)	3	1	2	—	=
Eisenerz (mildes [3])	—	2	—	—	=
Kalkstein	—	17	1	4	=
Maschinen- und Röstkohle	3	16	—	—	=

Als der heisse Wind eingeführt worden war (1839), betrug
brauch für 1 ton Roheisen:

---

[1]) The Iron Manufacture of Great Britain, theoretically and practic
sidered, by W. Truran, C. E. 2nd ed. Revised from the M. S. of the
Truran, by J. Arthur Philipps and William H. Dorman, C. E. Lond
Das Werk hat 84 lithographirte, gut gezeichnete Tafeln. — [2]) Op. cit. p
[3]) Mild nennt man ein erdiges Erz im Gegensatz zu dem festen Stückerz

	tons.	cwts.	qrs.		Ctr. preuss.
Kohle	2	3	2	=	43,5
Gerösteter Eisenstein	2	6	2	=	46,5
Kalkstein	—	11	2	=	11,5

Dies zeigt eine Ersparniss von circa 5 tons = 100 Centner Kohle
ıf 1 ton = 20 Centner Roheisen, oder 70 Proc. Ersparniss von dem
rüher gebrauchten Kohlenquantum. Dieselbe wird ganz dem erhitzten
Vinde zugeschrieben. Richtiger würde die durch letzteren herbeige-
ührte Ersparniss sich indessen durch 5 Centner als durch 5 tons aus-
rücken, denn sonst würde man innerhalb der 42 Jahre zwischen 1797
ınd 1839 keinen anderen Fortschritt als eben die Einführung des heissen
Windes gemacht haben. Dem ist aber nicht so, in diesem Zeitraum sind
ekanntlich Verbesserungen in der Vorbereitung des Brennmaterials und
er Eisenerze, in der Construction der Oefen und der Gebläse gemacht
orden."

Es liegt zwar viel Wahres in dieser Deduction, aber die schottischen
erke hatten wirklich gerade in jener Periode wenig Fortschritte ge-
cht; nichtsdestoweniger war man doch im Allgemeinen immer fortge-
ritten, und Truran geht nur viel zu weit, wenn er allen anderen
rbesserungen $^{9}/_{10}$, dem heissen Winde dagegen nur $^{1}/_{10}$ des erzielten
folges beimisst. Die Unrichtigkeit einer solchen Annahme beweisen
bereits auf der Tabelle zu Seite 92 gegebenen Zusammenstellungen,
i denen stets Rücksicht auf zwei unmittelbar auf einander folgende
rioden genommen worden ist.

Truran bezieht sich zu weiterem Beweis auf die Dowlais-Eisenhütte
Süd-Wales, wo sein Vater Ingenieur war, deren Verhältnisse er daher
hl kennen musste, und giebt an, dass dort im Jahre 1791 der Mate-
lverbrauch zu 1 ton = 20 Ctr. Roheisen betrug:

	tons	cwts.	qrs.		Ctr. preuss.
Kohle (zum Verkoken)	6	6	—	=	126
Gerösteter Eisenstein	2	18	—	=	58
Kalkstein	1	8	—	=	28
Maschinenkohle	1	15	—	=	35

1831 dagegen bei gleichfalls kaltem Winde:

	tons.	cwts.	qrs.		Ctr. preuss.
Kohle	2	10	—	=	50
Gerösteter Eisenstein	2	16	—	=	56
Kalkstein	—	18	—	=	18
Maschinenkohle	—	10	2	=	10,5
Röstkohle	—	6	2	=	6,5

Hier beträgt also die ohne Einführung des warmen Windes nur
rch anderweitige Verbesserungen nach 40 Jahren erzielte Verminde-
ng der für 1 ton = 20 Ctr. Roheisen erforderlichen Kohlenmenge $^{3}/_{5}$
s anfangs erforderlichen Quantums oder 60 Proc., eine Ersparniss,
lche in dem von Mushet angeführten Falle bei Anwendung heissen
'indes nur 10 Proc. mehr betrug. Mag auch die Richtigkeit der Re-

sultate von **Dowlais** nicht bestritten werden, so giebt dies noch immer kein Anhalten, wie sich das Verhältniss bei Einführung von heissem Winde dort gestellt hätte.

Es ist heut zu Tage allerdings schwierig, Vergleiche anzustellen, weil selten unter sonst gleichen Umständen **heisser** und **kalter** Wind angewendet zu werden pflegt, und deshalb sind die von **Merbach** uns überlieferten Angaben (S. 92) von so grosser Wichtigkeit. Schweden giebt noch am besten Gelegenheit zu directen Vergleichen, denn obwohl man auch dort im Allgemeinen mit erhitztem Winde bläst, benutzt man zur Erzeugung gewisser Eisensorten doch kalten Wind. Nach **Sandberg**[1] beträgt bei einer Erhitzung zu 350° C. und bei Erzeugung von grauem Roheisen aus See- und Raseneisenerzen die Brennmaterialersparniss 3 Proc., bei Anwendung von 200° heissem Winde und bei Erzeugung von halbirtem Eisen aus Magneteisenerz 20 Proc. So wurde 1858 heisser Wind von 350° C. auf Storebro-Hütte in Småland unter **Sandberg's** Leitung eingeführt. Man verhüttete See- und Raseneisenerze zu Giessereiroheisen und reducirte die zu einer Gewichtseinheit Roheisen verbrauchte Holzkohlenmenge (Volumen) von 17,8, welche bei kaltem Winde erforderlich gewesen war, auf 11,6. Zu derselben Zeit ersetzte man in Ankarsrum in Småland den bis dahin angewendeten 200° C. heissen Wind durch kalten in Folge von Reparaturen. Man erzeugte halbirtes Roheisen aus Bergerzen (Magnet- und Rotheisenstein). Nach diesem Wechsel musste man das Erzgewicht für ein gegebenes Holzkohlenvolumen um 20 Proc. vermindern, um dieselbe Qualität Roheisen zu erzielen.

Wenn der heisse Wind aber auch Angesichts solcher unleugbaren Thatsachen noch Gegner findet, so liegt der Grund gewöhnlich nicht darin, dass diese die Wirkung des heissen Windes in Bezug auf Brennmaterialersparniss verkennen, sondern dass sie einen nachtheiligen Einfluss desselben auf die **Qualität** des Eisens voraussetzen. Wie weit letztere Ansicht gerechtfertigt ist, wird sich erst später erläutern lassen.

Truran's Theorie. **Truran**, welcher bei Anwendung heissen Windes wohl eine Vermehrung der Production um 10 Proc., dagegen nur eine sehr kleine Brennmaterialersparniss anerkennt, die er im Allgemeinen nicht höher zu veranschlagen scheint, als der Mehrverbrauch der Winderhitzungsapparate beträgt, versucht seine Ansicht auch theoretisch zu begründen. Geht er dabei auch von manchen Voraussetzungen aus, welche wissenschaftlich ganz unhaltbar sind[2]) und wohin namentlich die gehört, dass bei heissem Winde möglicher Weise weniger Sauerstoff in den Hochofen gelange, als zur Verbrennung des Kohlenstoffs zu Kohlenoxydgas erforderlich sei, so giebt er doch manche

[1]) Jern-Kontoret's Annalen 1856, S. 273 a. a. O. — [2]) Und die daher sagt **Percy**, der diese Ansichten **Truran's** überausführlich mittheilt, zu der Schlussbemerkung veranlassten (S. 425): Der Unsinn in diesen Auszügen ist der Kritik nicht werth.

ktische, langjährige Beobachtungen gegründete Mittheilungen, die man r richtig auslegen muss, um sie freilich zum Theil im umgekehr- Sinne nutzbar zu machen.

Den einzigen Grund einer wenn auch geringen Brennmaterialerspar- s sieht Truran hauptsächlich darin, dass die Temperatur mehr im stell concentrirt wird, wenigstens muss man dahin seine Behauptungen rstehen, dass das Brennmaterial weniger in der Nähe der Gicht ver- enne, als wenn man kalten Wind benutzt [1]). Von einer eigentlichen rbrennung im oberen Theile des Ofens, in dem sich keinerlei oxydirende se vorfinden, kann natürlich nicht die Rede sein [2]).

Dagegen führt Truran das allerdings scheinbar zu seinen Gunsten rechende, allen Praktikern bekannte Factum an, dass bei dem plötz- hen Uebergang von heissem zu kaltem Winde die Production steige [3]).

Wenn man, sagt er, einen bisher mit heissem Winde betriebenen en, bei dem die Brennmaterialmenge in Folge dessen reducirt war, ötzlich durch Auslöschen der Feuer an den Winderhitzungsapparaten it kaltem Winde betreibt, so zeigt sich 24 bis 30 Stunden nach der nführung des kalten Windes eine grössere Production trotz unverän- rter Beschickung. Danach aber verlangsamt sich der Gang, und das sen wird weiss, wenn es vorher grau war. Nach 48 bis 60 Stunden diese Wandlung vollendet und es wird ein Roheisen erzeugt, wie es llt, wenn man mit kaltem Winde und derselben geringeren Brenn- aterialmenge bläst.

Erhöht man dagegen nunmehr die Kohlenmenge wieder so weit, dass vorher bei heissem Winde erzeugte Eisenart fortdauernd producirt rd, so sinkt die Production in dem Verhältniss, als das Verhältniss des zes zu der gesammten Masse von Materialien gesunken ist. Wenn Production bei heissem Winde 105 tons = 2100 Ctr. in der Woche trug, so wird die unmittelbare Einführung des kalten Windes sie auf 5 bis 116 tons = 2300 bis 2320 Ctr. erhöhen; fügt man nun das zur haltung der Qualität nöthige Kohlenquantum bei, so sinkt sie wieder f 96 tons = 1920 Ctr. wöchentlich.

Truran wirft hiernach die Frage auf: „Wenn die Erhitzung des ndes die wahre Ursache der grösseren Production und die Ersparung Brennmaterial ist, wie kann dann die Production sich erhöhen und Ersparung das Maximum erreichen, wenn man plötzlich kalten statt ssen Wind anwendet?"

Parry in Ebbw-Vale [4]) erklärt, indem er das Factum zugiebt, diese scheinung indess sehr natürlich und ausreichend:

---

[1]) Op. cit. p. 164. — [2]) Percy nimmt allerdings an, dass dies letztere von uran gemeint sei, und die Bemerkungen, welche die Herausgeber des Werkes zufügen, lassen wirklich darauf schliessen. Die Gasanalysen im folgenden itel sind ein hinreichender Beweis für die vollständige Grundlosigkeit einer then Annahme und machen eine weitere Widerlegung an diesem Orte über- sig. — [3]) Loc. cit. — [4]) Handschriftl. Mittheilungen an Percy.

„Wenn man," sagt er, „plötzlich kalten Wind statt des heissen anwendet, so gelangt, da die Düsenweite dieselbe und auch die Pressung eine gleich hohe bleibt, jetzt ein grösseres Quantum Luft in den Ofen als vorher, der Gichtenwechsel oder Gang des Ofens wird dadurch beschleunigt und die Production wächst. Dies dauert aber nur so lange, als die Hitzeverhältnisse, welche während des Betriebes mit heissem Winde im Ofen statthatten, noch bestehen bleiben; denn allmälig erniedrigt sich die Temperatur, und da der Ofen mit seiner ursprünglich für heissen Wind berechneten Beschickung nunmehr mit kaltem Winde betrieben wird, so verschlechtert sich das Eisen, es entsteht eine eisenhaltige Schlacke, kurz das, was man Rohgang nennt, tritt ein. Natürlich muss auch, wenn der Kohlensatz erhöht wird, die Production herabsinken, da das Verhältniss an Eisen in dem gesammten Material nun ein geringeres ist, wie in der ursprünglichen Beschickung." Parry vergleicht den Hochofen nach dem Wechsel des heissen in kalten Wind sehr richtig mit einem Hitze-Vorrathshaus. Wenn der Vorrath erschöpft ist, so hört die Wirkung auf und ein Weiterbetrieb ohne Verengung der Düsen, d. h. Verminderung des Windquantums oder Herabsetzung der Erzmenge im Verhältniss zum Brennmaterial, bringt grosse Nachtheile hervor.

Wirkung des heissen Windes. Nach der Erörterung solcher unhaltbarer Versuche negative Resultate des heissen Windes zu beweisen, wenden wir uns jetzt zu der Untersuchung der wirklichen Ursachen von der Wirkungsweise des heissen Windes.

Wenn auf Grund der zahlreichen praktischen Versuche als bewiesen angenommen wird, dass unter sonst gleichen Verhältnissen heisser Wind eine bedeutende Brennmaterialersparniss mit sich bringt, so heisst dies, dass bei Anwendung heissen Windes die Hitze des letzteren ein gewisses Quantum Brennmaterial vertritt. Wenn die Hitze, welche der Wind dem Ofen zubringt, genau der Hitze entspräche, welche das ersparte Brennmaterial im Ofen entwickelt haben würde, so bedeutete Winderhitzung nur einen Theil Brennmaterial ausserhalb des Ofens verbrennen, um die getrennt von der Verbrennung im Inneren des Ofens erzeugte Hitze den Verbrennungsräumen zuzuführen. Würde in diesem Falle die Wärme, welche das im Erhitzungsapparate verbrannte Brennmaterial entwickelt, ganz auf den Wind übertragen werden, so wäre die effective Ersparung an Brennmaterial = 0, nur der Ort der Wärmeerzeugung wäre vom Inneren des Ofens zum Winderhitzungsapparat verlegt. — Diese Theorie als richtig angenommen, so würde ein Punkt gegen, ein anderer für die Winderhitzung sprechen. Gegen dieselbe spräche zuerst der geringe Nutzeffect aller Winderhitzungsapparate, welcher Veranlassung sein würde, dass circa die Hälfte der erzeugten Wärme ungenutzt verloren ginge, dass man mithin die Ersparniss im Hochofen durch den doppelten Verbrauch ausserhalb desselben büssen müsste; dafür spräche andererseits die bei den Winderhitzungsapparaten gebotene Möglichkeit, ein Brennmaterial zu

verwerthen, welches im Hochofen in physikalischer und chemischer Beziehung nicht verwerthbar ist, nämlich erstens kleine und unreine (aschen-, namentlich schwefelkiesreiche) Steinkohlen, Braunkohlen u. s. w., zweitens die Gichtgase des Hochofens selbst. Wenn der Werth dieses Brennmaterials [1]) nur halb so hoch ist, als der Werth desjenigen, welches man im Hochofen aufgiebt, so würde jener Nachtheil eines durch die Winderhitzung verursachten Wärmeverlustes durch diesen Vortheil wieder ausgeglichen, wäre aber das zum Winderhitzen dienende Brennmaterial von noch geringerem Werthe, so müsste der dadurch bewirkte Vortheil den erwähnten Nachtheil überwiegen.

Die Praxis beweist nun aber, dass bei Anwendung heissen Windes die Ersparniss an Brennmaterial im Hochofen weit grösser ist, als der Aufwand an demselben zur Erhitzung des Windes, dass also abgesehen von dem Vortheile, welchen die Verwendung einer schlechteren Qualität Brennmaterial oder der als Nebenproduct erzeugten Gichtgase mit sich bringt, auch noch ein absoluter Minderverbrauch an Brennstoff erzielt wird. Die Gründe für diese absolute Ersparniss nun sind sehr verschieden aufgefasst worden.

Percy's Ansicht. Da bei kaltem Winde mehr Kohlen verbraucht werden als bei heissem Winde, so muss die im ersten Falle erzeugte Wärmemenge für ein gewisses Roheisenquantum grösser sein, als im zweiten. Die Wärmemenge, d. h. der absolute Wärmeeffect kann daher, nach Percy, mit der Ersparniss nichts zu thun haben, letztere muss vielmehr von dem Grade der Wärme, d. h. dem pyrometrischen Wärmeeffecte (*calorific intensity*) abhängen [2]). Dass in der That bei heissem Winde die Temperatur höher ist, als bei kaltem, wenigstens in der Nähe der Formen, ergiebt sich aus mehreren Thatsachen. Einmal sind bei erhitztem Winde wassergekühlte Formen durchaus nothwendig, da einfache Formen schnell fortbrennen [3]). Ferner ist das Auge (*eye*), d. h. die Oeffnung der Form, welche im Ofen liegt, bei heissem Winde äusserst hell im Vergleich mit den Formaugen bei kaltem Winde. Eine Nasen- (*nose*) Bildung, d. h. die Bildung einer Schlackenröhre in der Fortsetzung der Form in Folge der Abkühlung des herabtröpfelnden flüssigen Productes durch den Windstrom, ist bei heissem Winde nur Ausnahme, bei kaltem Winde aber Regel. Diese Erscheinungen beweisen also, dass die Temperatur bei heissem Winde im Ofen höher ist, als bei kaltem. Gleichgültig, um wieviel höher die Temperatur bei heissem Winde ist, so genügt sie, um die im Hochofen stattfindenden Reactionen, namentlich die Kohlung des reducirten Eisens zu beschleunigen — eine Beschleunigung, welche bei kaltem Winde nur auf Kosten eines höheren Brennmaterialaufwandes

[1]) Die Kosten des festen Brennmaterials oder die Zinsen der Anlage für die Entziehung der Gichtgase. — [2]) Vergl. Thl. I. der Metallurgie. — [3]) Die Temperatur des Windes kann dies an sich natürlich nicht bewirken, da sie weit unter der Schmelzhitze des Materials, aus welchem die Formen gefertigt sind, bleibt.

stattfindet. Man mag dies mit Recht, sagt Percy, nur als eine Umschreibung des bekannten Factums ansehen. Es bedarf daher nun noch der Gründe, um diese Beschleunigung zu erklären.

1) Die kalte Luft, welche in den Ofen kommt und bei ihrer Verbindung mit dem Kohlenstoff plötzlich eine so hohe Temperatur annimmt, muss sich ungemein ausdehnen [1]) und hierzu wird eine bedeutende Menge sonst nutzbarer Hitze verbraucht, während bei heissem Winde die Temperaturdifferenz und daher auch die weitere Ausdehnung geringer ist.

2) Ferner bilden sich Nasen bei kaltem Winde, Röhren mit zahlreichen Oeffnungen, welche sich zuweilen sogar im Ofen kreuzen [2]).

Solche Nasen kann man als Winderhitzungsapparate innerhalb des Ofens betrachten. Sie lassen es nicht zu, dass der Wind immer nur in einer möglichst begrenzten Zone auf das glühende Brennmaterial wirke — was doch nöthig ist, um die Hitze möglichst zu concentriren und dadurch die Maximaltemperatur zu erreichen —, sondern vertheilen den Wind auf einen grossen Raum unter verhältnissmässiger Temperaturerniedrigung in der Nähe der Formen. Bei heissem Winde finden sich diese Nasen nicht, der Sauerstoff kommt in directe Berührung mit dem glühenden Brennmaterial und die Temperatur erhöht sich bedeutend.

3) Die bei kaltem Winde meist offenen Formen geben (siehe Seite 177) zu Windverlusten Veranlassung, welche bei geschlossenen Formen nicht vorkommen. Windverlust ist natürlich gleichbedeutend mit Brennmaterialverlust, sowohl in Bezug auf die geringere Verbrennung im Ofen, als auch auf den Mehrverbrauch an Kohle zur Erzeugung der Betriebskraft u. s. w.

4) In einem gegebenen Volumen enthält der kalte Wind ein grösseres Gewicht Sauerstoff als der heisse; wenn man daher die Wirkung gleicher Volumina heissen und kalten Windes beim Einblasen vergleicht, so könnte man zwar erwarten, dass die durch den heissen Wind zugeführte grössere Wärmemenge durch den grösseren Sauerstoffgehalt des kalten Windes mehr als aufgewogen werden würde, was in Bezug auf die erzeugte Wärmemenge (den absoluten Wärmeeffect) auch nicht zu leugnen ist. Aber unter der Voraussetzung, dass heisser Sauerstoff sich schneller mit Kohlenstoff verbindet, als kalter, oder mit anderen Worten, dass die Verbrennung schneller vor sich geht bei heissem, als bei kaltem Winde,

---

[1]) Luft, Stickstoff, Kohlensäure und Kohlenoxydgas dehnen sich zwischen 0 und 100° unter constantem Drucke (nach Regnault) bekanntlich um etwa 0,37 ihres Volumens aus. — [2]) Mushet berichtet, dass zu Clydach-Hütte in Süd-Wales eine glasige Röhre von einem Ende der Form quer durch das Gestell an die entgegengesetzte Wand sich erstreckte und von da schräg aufwärts nach der Rückwand stieg, wo erst der Wind entwich. Man konnte tagelang kein Licht an den Formen erblicken und zuletzt wurde das solide Mauerwerk vom Winde durchbrochen und ein Flammenstrom trat nach aussen, der in kurzer Zeit das Gebäude zerstört haben würde. Nach allen möglichen Anstrengungen, das Uebel zu beseitigen, musste man den Betrieb einstellen und den ganzen Inhalt s Hochofens herauskratzen. Papers on Iron and Steel, p. 348.

muss dennoch die Temperatur steigen; denn unter sonst gleichen Bedingungen steht die Temperatur in geradem Verhältniss zur Schnelligkeit der Verbrennung.

Diese letztere Annahme wird durch andere Thatsachen bestätigt, so namentlich durch eine bei schwedischen Gasschweissöfen, welche später näher erläutert werden sollen, von Sandberg beobachtete Thatsache, dass die Flamme bei der Verbrennung des Kohlenoxydgases mit kalter Luft durch den ganzen Ofen bis zur Esse geht, ohne den Ofen auf die nöthige Temperatur zu bringen, während bei heisser Luft die Flamme nicht über die Fuchsbrücke des Schweissheerdes fortgeht, d. h. wenig über die Hälfte der vorigen Länge einnimmt und die Temperatur bis zur Schmelzhitze des Schmiedeisens steigt.

Hiernach lässt sich bei Anwendung heissen Windes auf eine energischere Verbrennung und daher höhere Temperatur schliessen, wenigstens in den Grenzen, welche man in der Praxis bis jetzt innehält.

Die Frage, warum findet die Verbrennung in heisser Luft schneller statt, als in kalter, lässt sich nicht anders beantworten, als dass dies ein Naturgesetz wie viele andere ist. Man kann indess die fragliche Erscheinung auch so erklären, dass in heisser Luft jedes Atom Sauerstoff mehr ausgedehnt ist, als in kalter, daher dem Kohlenstoff eine grössere Berührungsfläche bietet. Die chemische Vereinigung, welche nur im Contact beider Körper stattfindet, wird durch die zahlreicheren Angriffspunkte naturgemäss beschleunigt. Uebrigens aber wird das Factum, dass heisse Luft eine lebhaftere, energischere Verbrennung herbeiführe, von vielen Metallurgen bestritten [1]).

Buff und Pfort's Ansicht. Buff und Pfort [2]) beantworten die Frage über die Ursachen der erhöhten Wirksamkeit heisser Luft dahin, dass kalte Luft nicht zur unmittelbaren Verbrennung dienen könne, da sie, je niedriger ihre ursprüngliche Temperatur sei, um so langsamer zu der zur Verbrennung nöthigen Hitze gelange. Ferner finden diese Chemiker den Grund zu einer verhältnissmässig niedrigen Temperatur bei Anwendung kalter Luft namentlich in der durch die langsame Verbrennung vermehrten Bildung von Kohlenoxydgas an Stelle von Kohlensäure.

Wenn man diese Schlussfolgerung als richtig annimmt, so darf man auch voraussetzen, dass die Wirksamkeit des heissen Windes sich besonders dann zeigen wird, wenn das Brennmaterial schwierig zu verbrennen (dicht) ist, und in der That scheint die Brennmaterialersparniss auch bei Koks weit höher sich herausgestellt zu haben als bei der leicht verbrennlichen Holzkohle.

Scheerer's Ansicht [3]). Dass eine Gebläseluft, welche nur 200 bis 300° C. wärmer ist als gewöhnliche atmosphärische Luft, die absolute Production eines Eisenhochofens um 30 bis 50 Proc. vermehrt und aus-

---

[1]) Scheerer II, 140. — [2]) Pogg. Annal. Bd. 34, S. 173. — [3]) Metallurg. I, 477.

serdem noch eine Brennmaterialersparniss von 20 bis 30 Proc. bewirkt, erscheint, nach Scheerer, als ein mit seiner Ursache durchaus in keinem richtigen Verhältnisse stehender Effect. Aber derselbe lässt sich auf einfache und ungezwungene Weise erklären:

Ist die Verbrennungsluft auf t^0 C. erhitzt, so ist klar, dass diese ihr innewohnende Wärme auf ganz analoge Weise zu einer Erhöhung des pyrometrischen Wärmeeffectes beitragen müsse, wie dies bei einer Vorwärmung des Brennmaterials geschieht (vergl. S. 187).

Der pyrometrische Wärmeeffect, d. h. der Wärmegrad, ist nun bekanntlich gleich dem absoluten Wärmeeffect, d. h. der Wärmemenge, welche eine Gewichtseinheit Brennmaterial liefert, dividirt durch das Product aus den Verbrennungsproducten und deren specifischer Wärme. Nimmt man an, dass eine Gewichtseinheit Kohlenstoff verbrannt wird, so ist nach der früher (S. 186) angewendeten Formel:

$$T = \frac{p\,.\,c}{(c + 2{,}67\,c)\,s + ns'}$$

oder da $c = 1$ wird:

$$T = \frac{p}{(1 + 2{,}67)\,s + ns'},$$

worin p den absoluten Wärmeeffect, $(1 + 2{,}67)$ die aus 1 Gewichtseinheit Kohlenstoff erzeugte Menge Kohlensäure (1 Aeq. Kohlenstoff, 2 Sauerstoff) und n die Menge des Stickstoffs der Verbrennungsluft, s die specifische Wärme der Kohlensäure, s' die des Stickstoffs bezeichnet. Wird der Kohlenstoff auf τ^0 erwärmt, so wird

$$T_1 = \frac{p + \tau s''}{(1 + 2{,}67)\,s + ns'},$$

d. h. der Zähler des ersten Bruches wird um das Product aus Temperatur (τ) und specifischer Wärme (s'') des verbrannten Körpers (Kohlenstoff $= 1$) erhöht.

Wird ferner die Verbrennungsluft erwärmt, so wird

$$T_2 = \frac{p + \tau s'' + t\,(2{,}67\,s''' + ns')}{(1 + 2{,}67)\,s + ns'},$$

d. h. der Zähler des Bruches vermehrt sich um das Product aus Windtemperatur t und $(2{,}67\,s''' + ns')$, in welchem letzten Gliede 2,67 den Sauerstoff der Verbrennungsluft, s''' dessen specifische Wärme, n den Stickstoff der Verbrennungsluft und s' dessen specifische Wärme bezeichnet.

Setzt man nun $T_1 = \frac{A}{C}$, $T_2 = \frac{A + B}{C}$, so ist die Differenz $T_2 - T_1$ d. h. die Temperaturerhöhung $= \frac{B}{C} = t\,\frac{2{,}67\,s''' + ns'}{(1 + 2{,}67)\,s + ns'}$. Da nun s''' die specifische Wärme des Sauerstoffs ($= 0{,}2182$ nach Regnault[1]) und

[1] Graham-Otto I, S. 222.

0,2421 nach de la Roche und Berard), nicht wesentlich von s, der specifischen Wärme der Kohlensäure (= 0,2164 nach Regnault, 0,2187 nach de la Roche und Berard), verschieden ist, im Nenner aber zu 2,67 noch 1 tritt, so muss $\frac{2,67\, s''' + ns'}{(1 + 2,67)\, s + ns'}$ stets kleiner als 1 sein, folglich wird nicht die ganze Temperatur des Windes im Ofen fühlbar, weil sie sich eben auf ein grösseres Quantum Gase, die noch dazu eine höhere specifische Wärme besitzen, vertheilt, vorausgesetzt, dass τ in beiden Fällen gleich ist, denn nur τ und t sind variabel.

Da aber die verbrennenden Kohlen stets schon vor ihrer Verbrennung annähernd die von den kurz zuvor verbrannten Kohlen erzeugte Temperatur angenommen haben, so folgt daraus, dass mit t nach und nach τ steigen muss, bis ein Maximum erreicht ist, welches eintritt, wenn $T_2 = \tau$ wird, d. h. wenn die Temperatur der durch Verbrennung der Kohle entwickelten Gase genau eben so gross wird, als die Temperatur dieser Kohle vor der Verbrennung war.

Setzt man in der Formel

$$T_2 = \frac{p + \tau s'' + t(2,67\, s''' + ns')}{(1 + 2,67)\, s + ns'}$$

$\tau = T_2$, so erhält man:

$$T_3 = \frac{p + t(2,67\, s''' + ns')}{(1 + 2,67)\, s + ns' - s''}$$ [1]),

d. h. das Temperaturmaximum, welches durch Verbrennung mittelst t^0 warmer atmosphärischer Luft zu erreichen ist.

Für reinen Kohlenstoff [2]) und die specifische Wärme der Gase nach de la Roche und Berard angenommen ergiebt sich:

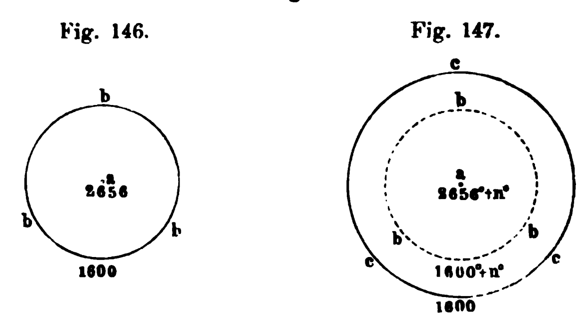
$$T_3 = \frac{8080 + t[2,67 . 0,2421 + (3,33 . 2,67)\, 0,2754]}{(1 + 2,67)\, 0,2187 + (3,33 . 2,67)\, 0,2754 - 0,2415}$$
$$= \frac{8080 + t\,(3,095)}{3,01}.$$

Setzt man $t = 300$, so erhält man $T_3 = 2992^0$ C., setzt man $t = 0$, so erhält man $T_3 = 2864^0$ C., der Unterschied der Maximaltemperaturen beträgt mithin 308^0 C., der Wind war zu 300^0 erhitzt, man hat also effectiv 8^0 C. gewonnen. Man sieht, dieser Gewinn ist sehr gering, und wird noch geringer, wenn man den in beiden Fällen gleichen Wärmeverlust durch das geschmolzene Eisen und die Schlacken in Betracht zieht. Bei Einführung der von anderen Physikern gefundenen Zah-

[1]) Scheerer hat in seinem Werke S. 479, wo er diese Formel in den ihm eigenthümlichen, übrigens im Wesentlichen gleichbedeutenden Zeichen und mit freilich bereits durch neuere Resultate als falsch nachgewiesenen Zahlen als Formel Nr. 21 entwickelt, im Nenner das dritte Glied durch ein + mit den vorhergehenden verbunden, doch ist dies nur ein Druckfehler, da in dem nachfolgenden Beispiele das richtige — zu Grunde gelegt ist. — [2]) Dessen specifische Wärme s'' nach Favre und Silbermann = 0,2415 ist.

len für die specifischen Wärmen fällt das Resultat noch ungünstiger aus. Scheerer berechnete die Maximaltemperatur für eine Holzkohle mit 3 Proc. Aschengehalt und bei Anwendung eines 300° heissen Windes zu 2962, bei Anwendung kalten Windes zu 2656°, die Differenz also zu 306° und den Gewinn zu 306 — 300 = 6° C. Und doch soll die soeben berechnete durch heissen Wind gewonnene Temperaturerhöhung, wenn auch an sich gering, im Hochofen von bedeutender Wirkung sein. Scheerer erklärt dies dadurch, dass wenn der heisseste Punkt des Schmelzraumes im Ofen eine höhere Temperatur erlangt, der Schmelzraum sich in Folge dessen erweitert und die mittlere Temperatur desselben zunimmt, und macht diese Erweiterung des Schmelzraumes durch folgendes Diagramm klar:

In der Fig. 146 ist der Durchschnitt des Schmelzraumes bei Anwendung von 0° warmem Winde dargestellt. *a* ist der heisseste Punkt, der



mit Zugrundelegung der 3 Proc. Asche haltigen Holzkohle 2656° C. haben möge, *bbbb* die Grenzzone des Raumes, welcher heiss genug ist, dass eine Schmelzung überhaupt eintreten kann, und die eine Temperatur von 1600° C. besitzen soll. Von *a* nach *b* findet also in allen Richtungen eine allmälige Temperaturabnahme von 2656° bis auf 1600° C. statt. Fig. 147 stellt dagegen die Vergrösserung der Schmelzzone bei heissem Winde dar. Der heisseste Punkt ist hier in *a* 2656° + n°, wenn n die Vermehrung der Temperatur durch den heissen Wind ausdrückt; vorausgesetzt nun, dass die Temperatur in einer einfachen arithmetischen Reihe abnimmt, so wird da, wo im ersten Falle schon die Grenze des Schmelzraumes eintrat, noch eine Temperatur von 1600° + n° herrschen, und erst in dem weit grösseren Umfange *ccc* wird die Grenze mit 1600° erreicht sein. Man hat also die Kugelzone zwischen *bbb* und *ccc* gewonnen, es verhält sich daher die Grösse des alten Schmelzraumes zu der des neuen wie $(ab)^3 : (ac)^3$, immer natürlich vorausgesetzt, dass die Beschickung die gleiche geblieben und das Windquantum nicht verändert worden ist.

Der Schmelzeffect, welcher durch die in gleichen Zeiten und mit gleichen Brennmaterialmengen ausgeschmolzenen Roheisenquan-

titäten gemessen wird, muss sich bei der Anwendung 0° warmer und bei t^0 heisser Gebläseluft verhalten:

1) Wie die cubischen Inhalte der betreffenden Schmelzräume.
2) Wie die mittleren Temperaturen derselben.

Wird der bei 0° erzielte Schmelzeffect = 1, der bei t^0 warmer Gebläseluft erzielte Schmelzeffect aber = E gesetzt, so ist, die vorhergegangenen Zahlen 2656 und 1600 als richtig und $n = 1{,}021\,t$ (wenn t die Temperatur des heissen Windes bezeichnet [1]) angenommen,

$$E = (1 + 0{,}000240 \,.\, t)\,(1 + 0{,}000967 \,.\, t)^3.$$

Man benutzt aber die Wirkung der erhitzten Gebläseluft niemals auf die Weise, dass man dasselbe Brennmaterialquantum beibehält, welches bei Anwendung kalten Windes erfordert wurde, also nicht auf die Weise, dass man den Productionseffect E zu erreichen strebt, sondern man vermindert das Brennmaterialquantum und dadurch auch die absolute Production, welche unter Umständen bis auf die frühere zurückgeführt werden kann.

Will man in solchen Fällen den wahren Effect der erhitzten Gebläseluft (E_1) ermitteln, so muss man auf beides, sowohl auf die vermehrte Production als auf die Brennmaterialersparniss, Rücksicht nehmen.

Scheerer erläutert dies an folgendem Beispiele: Angenommen, ein Hochofen habe durch Anwendung heisser Luft eine $1\frac{1}{2}$mal so grosse absolute Production als früher erlangt und die zugleich eingetretene Ersparniss an Brennmaterial betrüge $\frac{1}{4}$, d. h. 25 Proc. von dem bei kalter Luft verbrauchten Brennmaterialquantum. Hätte man bei kaltem Winde nur $\frac{3}{4}$ des eigentlich erforderlichen Brennmaterials angewendet, so würde die absolute Production auch nur $\frac{3}{4}$ der früher erhaltenen gewesen sein. Da man aber durch Anwendung erhitzter Gebläseluft unter diesen Umständen eine Production erreicht, welche $1\frac{1}{2}$mal so gross als die frühere ist, so ergiebt sich, dass der Effect des heissen Windes $\frac{1\frac{1}{2}}{\frac{3}{4}} = 2$ beträgt. Bezeichnet man daher mit b die Ersparniss an Brennmaterial (das bei kalter Luft verbrauchte Quantum = 1 gesetzt), und mit c den Coëfficienten, welcher den zugleich erfolgten Productionsanwachs ausdrückt, so hat man

$$E_1 = \frac{c}{1 - b}\,.$$

Die Praxis giebt naturgemäss E_1 stets niedriger als die Berechnung, was Scheerer namentlich in der Absorption der Wärme durch die Expansion der in den Ofen strömenden Gebläseluft begründet zu finden glaubt. Es werden folgende Beispiele zum Beweise angeführt, die hier tabellarisch geordnet sind:

[1]) 306 : 300 = 1,02 : 1, siehe Seite 206.

Hüttenwerke.	Erwärmung des Windes. ⁰ C.	Vermehrung der absoluten Production. Procent.	Ersparung an Brennmaterial im Durchschnitt des früheren Quantums. Procent.	Der erfahrungsmässige Effect $E = \frac{c}{1-b}$.	Der berechnete Effect $E = (1 + 0{,}000240\,t) \cdot (1 + 0{,}000967)\,t^3$.
Saynerhütte in Rheinpreussen .	210	57	16	1,87	1,83
Brefven in Schweden	145	13,87	19	1,41	1,53
Åker in Schweden	100	—	20	1,25	1,36
Morgenröthe in Preuss. Schlesien	250	29	23,28	1,69	2,02
In England und Schottland im Durchschnitt nach Walter de St. Ange und Le Blanc . .	322	50	36,6	2,36	2,42

Um den berechneten Effect auf den erfahrungsmässigen zu reduci-en, bedarf es einer Correction der Formel durch Multiplication mit inem Coëfficienten, welcher den Wärmeverlust durch die Expansion der Luft angiebt und der von Pressung des Windes und der Temperatur abhängig ist.

Scheerer entwickelt mit Zugrundelegung von Dulong's Versuchen diese corrigirte Formel und erhält:

$$E = (1 + 0{,}000240\,[t - x])\,(1 + 0{,}000967\,[t - x])^3,$$

worin $x = (272{,}85 + t)\,\frac{\psi}{\psi + 1} \cdot \frac{M}{B + M}$ ist, und ψ einen constanten Coëfficienten $= 0{,}421$, M den Manometerstand, B den Barometerstand angiebt.

Schinz's Ansicht. Schinz [1]) gründet seine Entwickelung über den Effect erhitzter Gebläseluft auf dasselbe Princip wie Scheerer, aber er führt noch einen von jenem vernachlässigten Factor, den Druck im Ofen selbst, ein.

Ein Pfund Holzkohle, sagt er [2]), producirt bei seiner Verbrennung zu Kohlensäure 6800 Wärmeeinheiten; die specifische Wärme der erzeugten Verbrennungsproducte zu 3,002 angenommen, ist die Temperatur, welche resultirt = 2265° C. Durch die Vorwärmung der Kohlen auf die Temperatur von 2265° C. erhält man 0,2415 . 2265 = 547 Wärmeeinheiten mehr oder zusammen 2447° C. Die Spannung der Gase im Gestell = 0,33 Meter Quecksilber [3]) angenommen, steigt die Temperatur auf 2536° C.

Wird statt kalter Luft solche von 210° C. eingeblasen, so erhält man 10,664 . 0,2669 . 210 = 597 Wärmeeinheiten mehr oder eine Temperatur von 2466° C. Die auf diese Temperatur vorgewärmten Kohlen geben 595 Wärmeeinheiten mehr oder eine Gesammttemperatur von 2662° C. Dieser Temperatur entspricht eine höhere Spannung, nämlich = 0,045 Meter Quecksilber, bei welcher dann die Temperatur auf 2818° C. steigt [4]). Die Temperaturdifferenz beträgt daher 2818 — 2536 = 282° C. oder der Unterschied derselben gegen die Temperatur des Windes = 282 — 210 = 72°. Die Temperaturen verhalten sich demnach bei kalter und warmer Luft = 1 : 1,111, und ebenso verhalten sich die auf 1 Pfund Kohle bezogenen Wärmemengen.

Ist, fragt Schinz, diese Differenz (11 Proc.) an und für sich gross genug, um einen so bedeutend besseren Effect [5]), welcher bei Anwendung heissen Windes erreicht wird, genügend zu erklären? und antwor-

[1]) Wärmemesskunst S. 220. — [2]) Vergl. S. 186, womit die obigen Zahlen nicht übereinstimmen. Die Zahlen nämlich, welche hier nur als Beispiel dienen, sind nicht nach den dortigen Voraussetzungen umgerechnet, sondern wie im Original angegeben, um nicht die Deduction von Schinz zu ändern. — [3]) Vergl. S. 187. — [4]) Auch hier lässt sich eine immerwährende Steigerung bis zu einem Maximum entwickeln. — [5]) In einem von ihm berechneten Beispiele $33^1/_3$ Proc.

tet: Wir glauben nicht, dass eine so kleine Temperaturdifferenz an und für sich diese Erscheinung erkläre. Eine überraschende Erklärung erhalten wir aber, sobald wir das Verhältniss in der Wirkung der strahlenden Wärme bei beiden Temperaturen in Erwägung ziehen. Nehmen wir an, der Schmelzpunkt des Eisens und der Schlacken zusammen sei 1250° C., so ist die Temperaturdifferenz t

bei kaltem Winde = 2536 — 1250 = 1286° C.

bei 210° warmem Winde = 2818 — 1250 = 1568° C.

Nimmt man die Kohlenstücke, die den Schmelzraum erfüllen, als Sphären von 1 Zoll Durchmesser an, so erhält man das Verhältniss der strahlenden Wärme in beiden Fällen = 1 : 8,7 [1]).

Freilich darf man hierbei nicht vergessen, dass das Gesetz, auf welches sich die der Berechnung zu Grunde liegende Formel stützt, von Dulong nur in beschränkten Grenzen geprüft ist.

Schlussfolgerung. Es ist, wie schon die citirten wichtigsten Ansichten verschiedener Metallurgen beweisen, sehr viel über die Theorie der erhitzten Gebläseluft geschrieben [2]), jedoch kommen alle Schriftsteller darin überein, dass die Brennmaterialersparniss und die erhöhete Production, welche jede für sich allein oder beide in geringerem Maasse neben einander bestehen können, lediglich der bei heissem Winde im Verbrennungsraume des Hochofens stattfindenden erhöheten Temperatur zuzuschreiben seien.

Aber in den Erklärungen, welche für die in keinem directen Verhältniss zu der von dem Winde mitgebrachten Wärmemenge stehenden Grösse dieser Wirkung gegeben werden, weichen die Theoretiker weit von einander ab und stehen sich zum Theil schroff gegenüber. Theils sieht man das einfache Zusammenwirken der durch den Wind zugeführten und der durch die Vorwärmung der Kohlen bedingten Temperatur (Scheerer), welche noch durch die steigende Pressung im Inneren des Ofens vermehrt wird (Schinz), als hinreichend zur Erklärung des Wirkungsgrades des erhitzten Windes an, theils wird die strahlende Wärme zu

---

[1]) Op. cit. S. 222. Diese grosse Differenz rührt daher, dass die Temperaturdifferenz t in der für die Entwickelung der strahlenden Wärme zu Grunde gelegten Formel

$$Sma\varphi(a^t - 1) + Lnt^b \text{ (vergl. S. 136)},$$

im ersten Gliede als Exponent eines Factors (a^t), im zweiten Gliede dagegen als Basis eines Factors (t^b) auftritt.

[2]) Kerl (Hüttenkunde I, S. 636) giebt folgende Zusammenstellung der Literatur: Buff und Pfort in Pogg. Annal. Bd. 34, S. 74, Bergwerksfreund IV, 102. Stud. d. Götting. Verein. bergmänn. Freund. IV; l. Ebelmen in Valerius Roheisenerzeug., deutsch v. Hartmann 1851, S. 281. Bergwerksfreund II, 470. VIII, 456; Scheerer, Metall. I, 479, II, 140; Welkner, Berg- u. hüttenm. Zeitg. 1854, S. 244; Berggeist 1858, S. 161; Thirria und Ebelmen in Annal d. min. 3 sér. T. 18, p. 183; Scheerer, Berg- u. hüttenm. Zeitg. 1860, S. 494; Kraus, Jahrb. 1852, S. 47 u. 117, der wir noch ausser der citirten ausführlichen Abhandlung von Schinz in dessen Wärmemesskunst, Vathaire, des sur les haut fourneaux, 1857, p. 81 hinzufügen.

ommen (Schinz), aber eine erhöhete chemische Wirkung ausser
sen (Schinz) oder geleugnet (Scheerer). Endlich wird die
wesentlich angenommen und ihr Resultat entweder in einer
gteren (Percy) oder einer vollkommeneren (Buff und Pfort)
ng gesucht.

hier wird, wie gewöhnlich, das Richtige in der Mitte liegen.
eraturerhöhung in der Weise, wie sie von Scheerer und na-
vollkommener wegen Hinzuziehung der Pressung im Inneren
fens von Schinz durch Rechnung festgestellt worden ist, liegt
oretisch bewiesen vor, dass daran nicht zu zweifeln ist. Ebenso
r ist es, dass die so berechnete Temperaturdifferenz, schon an
st klein, in keinem Verhältniss zu dem Brennmaterialaufwand
her (abgesehen von der Verwendung der Gichtgase) zur Wind-
nothwendig ist und welcher bei diesen Rechnungen gar nicht
t gezogen wurde. Ob die Schinz'sche Ansicht von der strah-
rme diesen Mangel ersetzt, ist schwer zu entscheiden, da die
Dulong's für die hier vorhandenen Temperaturen zu wenig
ten. Die Wahrscheinlichkeit spricht aber nicht dafür, da man
höherer Temperatur des Windes, z. B. 500 bis 600°, wie sie
der Praxis vorkommt, hiernach zu unglaublichen Resultaten
würde [1]).

eibt daher zur Ergänzung dessen, was jene physikalische
rsteigerung, wenn es erlaubt ist, sich so auszudrücken, nicht
eiter nichts übrig, als ihr die chemische Wirksamkeit zur
ellen. Dass chemische Reactionen in erhöhter Temperatur weit
verlaufen, ist hinreichend bekannt, man denke nur an ein-
ngen von Metallen in Säuren. Was hindert uns nun, die von
Beobachtungen am Gasflammofen hergeleitete Annahme einer
ergischeren, d. h. schnelleren Verbindung des Sauerstoffs mit
nstoff bei Anwendung heissen Windes auch hier gelten zu las-
mit anderen Worten vorauszusetzen, dass in derselben Zeit,
kaltem Winde 1 Theil Kohlenstoff verzehrt wurde, mit er-
inde n.1 Theile Kohlenstoff verbrannt werden? Es hindert
se Ansicht Percy's als richtig anzusehen, aber diese Ansicht
en Aufschluss über die vorliegende Frage, wodurch die Tem-
ahme im Hochofen über die vom Winde zugeführte Wärme
l in Folge dessen eine Vergrösserung der Production im Ver-
dem verbrauchten Brennmaterial veranlasst wird; sie giebt
luss über die Erhöhung der absoluten Production. Jede Menge
en Sauerstoffs kann natürlich nur eine dem chemischen Aequi-
tsprechende Gewichtsmenge Kohlenstoff verbrennen, es ver-
eben 1 C = 6 Gewichtstheile Kohlenstoff mit höchstens 2 O
ichtstheilen Sauerstoff. Wenn daher in einer Zeiteinheit eine

---

[1]) nz, Op. cit. 211 u. f.

gewisse Menge Luft und die dieser entsprechende Menge Sauerstoff in den Ofen geblasen wird, so ist es unmöglich, dass in dieser Zeiteinheit mehr Kohlenstoff verbrenne, als der Sauerstoffmenge entspricht, gleichgültig, ob die Luft kalt oder warm ist. Wir gingen aber bei den Vergleichen stets davon aus, dass in gleichen Zeiten auch gleiche Menge Sauerstoff in den Ofen gelangen. Wenn Percy's Annahme richtig ist, so würde dadurch nur die Möglichkeit erklärt, in einer gegebenen Zeit mehr Sauerstoff in den Ofen bringen zu können, wenn der Wind erhitzt, als wenn er kalt ist. Allerdings werden in Folge einer grösseren Sauerstoffzufuhr und einer davon abhängigen schnelleren Verzehrung des Brennmaterials in kürzerer Zeit mehr Schmelzmaterialen in das Gestell des Ofens rücken, es wird die absolute Production vermehrt werden; aber die Erklärung für die Vermehrung der relativen Production, d. h. der Production im Verhältniss zu dem verbrauchten Brennmaterial, wird nicht gegeben.

Anders verhält es sich mit der Annahme Buff's, dass beim Einblasen heissen Windes durch die dann eintretende vollständigere Verbrennung der Kohle zu Kohlensäure eine höhere Temperatur entwickelt werde.

Tunner[1]) und schon früher Heine[2]) haben auf den Unterschied in der Bildung von Kohlensäure und Kohlenoxydgas aufmerksam gemacht, je nachdem man heissen oder kalten Wind anwendet. Tunner sagt, sich auf Gasanalysen, die wir später mittheilen werden, stützend:

„In dem Verbrennungsraume eines Eisenhochofens wird stets beides: Kohlenoxydgas und Kohlensäure, gebildet, und zwar um so mehr Kohlenoxydgas, je leichter entzündlich die Kohle ist, je weniger Temperatur und Pressung der Wind hat; je dichter und aschenreicher die Kohle ist, je heisser und je gepresster der Wind, desto mehr Kohlensäure wird im Verbrennungsraume gebildet und desto langsamer wird diese zu Kohlenoxydgas reducirt. Schon oft ist auf den grossen Unterschied der Verbrennungstemperaturen beider Gase (2716° C. für Kohlensäure, 1486° C. für Kohlenoxydgas[3]) hingewiesen worden, und dieser bedeutende Unterschied reicht hinlänglich aus, solche Temperaturdifferenzen zu bewirken, welche die grossartigen Einflüsse des heissen Windes in der Praxis erklären, ja er würde hierzu ausreichen, wenn die Temperaturerhöhung durch heissen Wind gegen die bei kaltem Winde unter Annahme vollständiger Verbrennung zu Kohlensäure gar nicht in Betracht käme.“

Es lässt sich, wenn das Verhältniss der beiden Gasarten zu einander festgestellt ist, die beim Verbrennen des Kohlenstoffs entwickelte Temperatur nach der Formel

$$T = \frac{pc + p''c'}{(c + 2{,}67\,c)\,s + (c' + 1{,}33\,c')\,s''' + ns'}$$

leicht berechnen, worin p den absoluten Wärmeeffect des Kohlenstoffs bei

[1]) Berg- u. hüttenm. Jahrbuch IX. S. 315. — [2]) Mit Beziehung auf Kupferöfen Bergwerksfreund V, 208, VI, 513, VII, 545 u. Kerl II, 529. — [3]) Vergl. S. 1[illegible]

der Verbrennung zu Kohlensäure, c dessen Menge, p' den absoluten Wärmeeffect des Kohlenstoffs bei der Verbrennung zu Kohlenoxydgas, c' dessen Menge (wobei $c + c'$ stets $= 1$ zu setzen ist), s die specifische Wärme der Kohlensäure, s''' die des Kohlenoxydgases, s' die des Stickstoffs, n die Menge des Stickstoffs bezeichnet. Würden z. B. 40 Proc. Kohlenstoff zu Kohlensäure, 60 Proc. zu Kohlenoxydgas verbrannt, so wäre

$$T = \frac{8080 \,.\, 0{,}4 + 2473 \,.\, 06}{0{,}4\,(1 + 2{,}67)\,0{,}2187 + 0{,}6\,(1 + 1{,}33)\,0{,}274 + 3{,}33\,(2{,}67 \,.\, 0{,}4 + 1{,}33 \,.\, 0{,}6)\,0{,}2754}$$
$$= \frac{4715{,}8}{2{,}415} = 1953^0.$$

Die hierbei entwickelte Temperatur ist also um 2716 — 1953 $= 763^0$C. niedriger als die, welche bei vollständiger Verbrennung zu Kohlensäure entsteht.

Nach den bisher in der Chemie herrschenden und namentlich auch durch die neuesten Untersuchungen Bunsen's [1]) bestätigten Ansichten findet Tunner's Hypothese in einer Beziehung vollständige Begründung, während sie in der anderen Beziehung sich als unhaltbar beweist.

Dass sich bei jeder Verbrennung von Kohlenstoff in Stücken Kohlenoxydgas selbst bei hinreichendem Ueberschuss an Sauerstoff bilde, lässt sich durch Experimente nachweisen und findet darin Erklärung, dass sich zwar an der Oberfläche des Kohlenstückes Kohlensäure bildet, beim Eindringen in das Innere des Stückes diese aber wieder zu Kohlenoxyd reducirt wird. Nach Bunsen's Untersuchungen verbrennt nun Kohlenoxydgas in Luft unter einer Temperaturerhöhung von 0^0 auf 1997^0C., aber bei diesem Temperaturmaximum nur zu einem Drittel, wenn das Mischungsverhältniss das des Knallgases war; wenn das Kohlenoxydgas dagegen mit einer grösseren Menge unverbrennlicher Gase (also z. B. Kohlensäure, Luft) gemischt (verdünnt) war, so verbrennt bei allmäliger Erniedrigung der Temperatur auf 1146^0C. in Intervallen die Hälfte. Erst unterhalb dieser Temperatur findet eine gleichfalls in Intervallen eintretende vollständige Verbrennung zu Kohlensäure statt. Es bleibt mithin bei allen höheren Temperaturen ein Theil des Kohlenoxydgases trotz vorhandenen freien Sauerstoffs unverbrennlich zurück. Die Anwendung dieser Untersuchungen auf den Hochofenprocess ergiebt, dass das bei der ersten Verbrennung und der dabei entwickelten hohen Temperatur gebildete Kohlenoxyd nicht weiter durch die atmosphärische Luft verbrannt werden, sondern dass der noch vorhandene freie Sauerstoff eher einen neuen Theil Kohlenstoff unter abermaliger, wenigstens theilweiser Bildung von Kohlenoxydgas verbrennen wird. Es wird daher die Temperatur im Ofen um so höher sein, je mehr Kohlensäure und je weniger Kohlenoxyd sich bei der ersten Verbrennung bildet. Wenn nun der heisse Wind die vollständigere Verbrennung zu Kohlensäure begünstigt, so muss demgemäss auch die Temperatur im Hochofen steigen. Dass aber der heisse Wind diese Wirksamkeit äussert, muss einstweilen als Thatsache hingestellt werden.

[1]) Poggend. Annal. 101, S. 161.

Der zweite Theil der Hypothese Tunner's, dass bei der durch den heissen Wind erzeugten höheren Temperatur die gebildete Kohlensäure sich langsamer zu Kohlensäure reducire, als wenn die Temperatur eine niedrigere sei, ist dagegen unhaltbar. Gerade die erwähnten Untersuchungen Bunsen's bestätigen die Voraussetzung, dass Kohlensäure in hohen Temperaturen in Sauerstoff und Kohlenoxydgas zerfällt und zwar auch in sprungweisen Intervallen. Je höher daher die Temperatur, um so schneller wird die Kohlensäure die Hälfte Sauerstoff abgeben, welche sich sogleich mit dem vorhandenen Kohlenstoff zu Kohlenoxydgas verbindet. Allerdings wird hierdurch Tunner's Hypothese nicht in ihrer ganzen Ausdehnung widerlegt; denn es muss zugegeben werden, dass unter sonst gleichen Verhältnissen ein leichtes, lockeres Brennmaterial (z. B. Holzkohle) die Redu[illegible]nsäure mehr begünstigen wird, als ein schweres, dichtes B[illegible]. B. Koks und Anthracit).

Fassen wir aus diesen Ges[illegible]n schliesslich die zur Erklärung der bedeutenden Wirkung erh[illegible]les auf die Erhöhung der Temperatur im Gestell des Hochofens[illegible]ie Brennmaterialersparniss und die Vergrösserung der Produ[illegible]en Punkte zusammen, so erhalten wir folgendes Resultat:

1) Je heisser der W[illegible] Kohlensäure und um so weniger Kohlenoxydgas wird [illegible]erbrennung erzeugt und um so mehr die Temperatur im [illegible]igen genähert, welche bei der vollständigen Verbrennung des Kohlenstoffs zu Kohlensäure erzeugt werden kann.

2) Die so erreichte Temperatur wird noch gesteigert durch die in Folge derselben eintretende höhere Vorwärmung der Kohlen und die steigende Pressung im Gestell, sowie vielleicht durch die bedeutende Zunahme der Wirksamkeit strahlender Wärme.

3) In Folge der erhöheten Temperatur, welche durch ausserhalb des Ofens liegende Einflüsse innerhalb des Ofens hervorgerufen wird, tritt eine dieser entsprechende Ersparniss an Brennmaterial im Hochofen ein, welche weit den etwaigen Brennmaterialienverbrauch zur Erhitzung des Windes übertrifft.

4) Die relative Production, d. h. die Menge der im Verhältniss zu dem aufgewendeten Brennmaterial geschmolzenen Massen, steigt, weil bei Anwendung geringerer Mengen Brennmaterial dieselbe Menge der Schmelzmassen wie bei kaltem Winde, oder bei Anwendung derselben Mengen Brennmaterial, wie bei kaltem Winde, grössere Mengen der Schmelzmassen durchgesetzt werden können.

5) Die absolute Production, d. h. die Menge der in einer bestimmten Zeit geschmolzenen Massen, steigt, weil die Verbrennung und damit der [illegible] des ganzen Hochofens beschleunigt wird.

---

2. Die Gase des Hochofens.

Nachdem im vorigen Capitel die Veränderungen besprochen worden ɪd, welche die atmosphärische Luft bei ihrem Eintritt in das Gestell ɪs Hochofens erleidet, wenden wir uns nun zur Untersuchung der Ver- ıderungen, welche die durch die Verbrennung erzeugten Gase bei ihrem ufsteigen bis zur Gicht erfahren.

Da die vor den Formen und in deren Nähe erzeugten Gase, welche n Wesentlichen aus den Verbindungen des Sauerstoffs der Luft mit ohlenstoff im Gemenge mit dem Stickstoff der Luft bestehen, bis zu hrem Entweichen aus der Gicht des Hochofens in keine Berührung mit nderen auf sie einwirkenden Stoffen als den niedersinkenden Schmelz- nd Brennmaterialien kommen, so ist klar, dass alle Veränderungen, elche sie erleiden, nur von den letzteren ausgehen können und dass die enntniss von der Zusammensetzung der Gase an den verschiedenen heilen des Hochofens zur Kenntniss der Veränderungen führt, welcher ie festen Materialien bei ihrem Niedersinken unterliegen. Es ist daher in grosses Verdienst, welches sich mehrere Chemiker und Hüttenleute m die Theorie des Hochofenprocesses erworben haben, dass sie directe ntersuchungen der Gase in verschiedenen Tiefen des Hochofens vor- ahmen. Diese Untersuchungen sind indessen mit so vielen Schwierig- eiten verknüpft, dass es nicht auffallen kann, wenn ihnen häufig man- herlei Unvollkommenheiten anhaften. Es wird daher nach der Mitthei- ng der bisher in dieser Richtung ausgeführten Arbeiten eine kritische eleuchtung der Resultate nothwendig.

Wenn auch die chemische Zusammensetzung der Hochofengase den ichtigsten Theil des vorliegenden Abschnittes bildet, so ist doch auch eren physikalische Beschaffenheit, namentlich die Pressung, unter welcher e sich befinden, und welche bezüglich des untersten Theils des Ofens ereits ein Gegenstand des vorhergehenden Capitels war (Seite 191), sowie re Temperatur von Interesse.

Es wird sich zeigen, dass die aus der Gicht entweichenden, daher für en Hochofenprocess selbst nicht mehr nutzbaren Gase (die **Gichtgase**) nen bedeutenden Theil brennbarer Bestandtheile enthalten und ausser- alb des Ofens zur Erzeugung hoher Temperaturen für verschiedene wecke verwendet werden können. Demgemäss sind auch die Apparate Betracht zu ziehen, vermittelst deren man diese nutzbaren Gase uffängt, fortleitet, reinigt und verbrennt.

Die chemische Zusammensetzung der Gase.

Es sind die Gase mehrerer Hochöfen in Deutschland, Oesterreich, chweden, Norwegen, Frankreich und England chemisch untersucht wor-

den. Die Resultate dieser Untersuchungen sind zunächst in den folgenden Tabellen zusammengestellt.

Da indessen die einfache Aufführung der procentalen Mengen aller Gasbestandtheile, wie sie die Analysen ergeben haben, nicht zu einer Vergleichung genügt, so musste man die für die Theorie des Hochofenprocesses wichtigsten Bestandtheile, namentlich Kohlensäure und Kohlenoxydgas, auf eine unveränderliche Grösse beziehen. Diese Grösse bietet sich in dem Stickstoff der Luft, welcher unverändert den ganzen Hochofenraum durchläuft, sich weder verringert, noch vermehrt. Es sind daher zuerst (in der mit 1. bezeichneten Gruppe der Horizontalcolumnen) die einzelnen Gasarten nach Volumprocenten angegeben. In der folgenden (mit 2. bezeichneten) Gruppe sind Kohlensäure und Kohlenoxyd, auf 100 Vol. Stickstoff berechnet; in der dritten Gruppe finden sich sodann die in diesen beiden Gasarten auf 100 Vol. Stickstoff enthaltenen Elemente Kohlenstoff und Sauerstoff angeführt. Schliesslich folgt eine als Sauerstoffüberschuss bezeichnete Horizontalcolumne, welche die Menge des Sauerstoffs über oder unter 26,5 [1]) Volum auf 100 Vol. Stickstoff angiebt, d. h. das Mehr oder Weniger gegen das Verhältniss in der atmosphärischen Luft, in welcher eben auf 100 Vol. Stickstoff 26,5 Vol. Sauerstoff enthalten sind. Das Weniger ist hierbei durch ein — angedeutet. In der dritten Gruppe ist der Kohlenstoff natürlich als hypothetischer Kohlendampf angenommen, um nicht Temperatur- und Druckverhältnisse ins Spiel zu bringen. Für diejenigen Leser, welche mit dieser Betrachtungsweise weniger vertraut sein möchten, werde angeführt, dass bei 0°C. und 0,76 Meter Barometerstand 1 Liter hypothetischer Kohlendampf = 1,0727 [2]) Gramm Kohlenstoff entsprechen würde, weshalb man mit dieser Zahl die Volumina des Kohlenstoffs nur zu multipliciren hat, um das Gewicht zu erhalten; also würden z. B. 26,4 Vol. Kohlenstoff und 33,5 Vol. Sauerstoff auf 100 Vol. Stickstoff (vergl. Tabelle I. erste Verticalspalte) = 26,4 . 1,0727 = 28,43 Gramm Kohlenstoff und 33,5 Liter Sauerstoff auf 100 Liter Stickstoff darstellen.

Die mit römischen Ziffern bezeichneten Verticalspalten zeigen nun die auf diese Weise angeordnete Zusammensetzung der einzelnen aus verschiedenen Tiefen des Hochofens entnommenen Gasgemenge. Die Tiefen selbst sind theils als Höhe über den Formen, theils als Tiefe unter der Gicht des Hochofens einmal im Originalmaass, und zweitens zur Vergleichung in Metern ausgedrückt. Das erstere schien nöthig, weil sich in der Literatur über diesen Gegenstand zahlreiche Irrthümer in Folge falscher Benutzung des Originalmaasses vorfinden.

---

[1]) Der Sauerstoffgehalt der atmosphärischen Luft ist nach neueren Bestimmungen zu 20,8 bis 20,93 Procent gefunden, von Bunsen (Gasometrische Methoden 1857) zu 20,84 bis 20,97, im Mittel zu 20,96 ermittelt worden. Es ist dem entsprechend die Zahl 26,46 oder abgekürzt 26,5, nicht aber die nur den niedrigsten Resultaten entsprechende Zahl des Originals 26,26 auf 100 Vol. Stickstoff gewählt worden. — [2]) Bunsen, Gasom. Methoden S. 304.

A. Hochöfen mit Holzkohlen.

a. Holzkohlen allein.

Tabelle I.

Zusammensetzung der Gase des Hochofens zu Veckerhagen bei Cassel (Preussen), nach Bunsen, 1839 [1]).

(Fig. 148, S. 234.)

		Höhe über den Formen:						
Höhe 5,97 Meter.	Kurhessische Fuss	$17^3/_4$	$16^1/_4$	$14^3/_4$	$13^1/_4$	$11^3/_4$	$8^3/_4$	$5^3/_4$
	Meter	5,11	4,68	4,25	3,81	3,38	2,52	1,65
		Tiefe unter der Gicht:						
	Kurhessische Fuss	3	$4^1/_2$	6	$7^1/_2$	9	12	15
	Meter	0,86	1,29	1,72	2,16	2,59	3,45	4,32
		I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.
Nach Volumprocenten. 1.	Stickstoff	62,34	62,25	66,29	62,47	63,89	61,45	64,58
	Kohlensäure	8,77	11,14	3,32	3,44	3,60	7,57	5,97
	Kohlenoxyd	24,20	22,24	25,77	30,08	29,27	26,99	26,51
	Sumpfgas [2])	3,36	3,10	4,04	2,24	1,07	3,84	1,88
	Wasserstoff	1,33	1,27	0,58	1,77	2,17	0,15	1,06
Auf 100 Vol. Stickstoff. 2.	Kohlensäure	14,1	17,9	5,0	5,5	5,6	12,3	9,2
	Kohlenoxyd	38,8	35,7	38,9	48,1	45,8	43,9	41,0
3 [3]).	Kohlenstoff	26,4	27,8	21,9	26,8	25,7	28,1	25,1
	Sauerstoff	33,5	35,7	24,4	29,5	28,5	34,2	29,7
4.	Sauerstoffüberschuss	7,0	9,2	−2,1	3,0	2,0	7,7	3,2

[1]) Brit. Assoc. Rep. 1845, p. 143. Bunsen giebt an, dass hier einige Rechnungsfehler seines Originalaufsatzes in Poggend. Annalen Bd. XXXXVI, S. 193 berichtigt worden sind. — [2]) Sumpfgas, Grubengas oder leichtes Kohlenwasserstoffgas, nach der Typentheorie $\mathrm{ƐH}^4$, nach älterer Schreibweise C_4H_4, bestehend aus 75 Procent Kohlenstoff, 25 Proc. Wasserstoff; wogegen Aethylen, ölbildendes Gas oder schweres Kohlenwasserstoffgas $\mathrm{ƐH}^2$ oder C_4H_2 aus 85,71 Proc. Kohlenstoff und 14,29 Proc. Wasserstoff zusammengesetzt ist. — [3]) Die in den Gasen Nro. 2 enthaltenen Bestandtheile.

Tabelle II.

Zusammensetzung der Gase des Hochofens zu Baerum (Norwegen), nach Scheerer und Langberg, 1843 [1]).

(Fig. 149, S. 236.)

			Höhe über den Formen:					
Höhe 8,79 Meter.		Preussische Fuss	23	20½	18	15½	13	10
		Meter	7,22	6,43	5,65	4,86	4,28	3,14
			Tiefe unter der Gicht:					
		Preussische Fuss	5	7½	10	12½	15	18
		Meter	1,57	2,36	3,14	3,93	4,51	5,65
			I.	II.	III.	IV.	V.	VI.
Nach Volumprocenten.	1.	Stickstoff	64,43	62,65	63,20	64,28	66,12	64,97
		Kohlensäure	22,20	18,21	12,45	4,27	8,50	5,69
		Kohlenoxyd	8,04	15,33	18,57	29,17	20,28	26,38
		Sumpfgas	3,87	1,28	1,27	1,23	1,18	–
		Wasserstoff	1,46	2,53	4,51	1,05	3,92	2,96
Auf 100 Vol. Stickstoff.	2.	Kohlensäure	34,4	29,0	19,7	6,6	12,8	8,8
		Kohlenoxyd	12,5	24,4	29,4	45,4	30,7	40,6
	3.	Kohlenstoff	23,4	26,7	24,5	26,0	21,7	24,7
		Sauerstoff	40,6	41,2	34,4	29,3	28,1	29,1
	4.	Sauerstoffüberschuss	14,1	14,7	7,9	2,8	1,6	2,5

[1]) Annalen der Physik und Chemie Bd. LX, S. 499.

Tabelle III.

Zusammensetzung der Gase des Hochofens zu Clerval (Frankreich), nach Ebelmen, 1841 [1]).

(Fig. 150, S. 236.)

	Höhe über den Formen:							
Preussische Fuss .	26,2	22,0	17,7	13,5	9,2	8,2	1,4	—
Meter [2])	8,23	6,90	5,56	4,23	2,90	2,56	0,44	—
	Tiefe unter der Gicht:							
Preussische Fuss .	An der Gicht	4,2	8,5	12,7	17,0	18,1	24,8	Am Tümpel
Meter [2])		1,33	2,67	4,00	5,33	5,67	7,79	
(Höhe 8,23 Meter.)	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.
1. Stickstoff	57,79	75,80	58,15	59,14	60,54	63,07	56,68	47,40
1. Kohlensäure . . .	12,88	13,96	13,76	8,86	2,23	—	0,31	—
1. Kohlenoxyd	23,51	22,24	22,65	28,18	33,64	35,01	41,59	51,35
1. Wasserstoff	5,82	6,00	5,44	3,82	3,59	1,92	1,42	1,25
Wasser auf 100 Vol. trocknen Gases .	11,90	13,41	2,63	0,95	0,42	—	—	—
2. Kohlensäure . . .	22,3	18,4	23,7	15,0	3,7	—	0,5	—
2. Kohlenoxyd	40,7	29,3	39,0	47,7	55,6	55,5	73,4	108,3
3. Kohlenstoff	31,5	23,8	31,3	31,3	29,6	27,7	36,9	54,1
3. Sauerstoff	42,6	33,0	43,2	38,8	31,5	27,7	37,2	54,1
4. Sauerstoffüberschuss	16,1	6,5	16,7	12,3	5,0	1,2	10,7	27,6

[1]) Trav. Scient. 2. p. 314 und Annales des mines. III. sér. T. XX, p. 419. — riginalmaass.

Tabelle IV.

Zusammensetzung der Gase des Hochofens zu Clerval (Frankreich), nach Ebelmen, 1848 [1]).

(Fig. 151, S. 239.)

		I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.
Höhe 9,6 Meter.		Höhe über den Formen:							
	Preussische Fuss	27,4		21,0		11,4		3,3	—
	Meter [2])	8,6		6,6		3,6		1,05	—
		Tiefe unter der Gicht:							
	Preussische Fuss	3,2		9,5		19,1		27,2	Am Tümpel
	Meter [2])	1		3		6		8,55	
Nach Volumprocenten. 1.	Stickstoff	57,22	58,56	60,92	60,89	63,04	63,06	61,22	58,17
	Kohlensäure	12,01	11,95	4,14	4,23	0,49	0,07	—	0,93
	Kohlenoxyd	24,65	23,85	31,56	31,34	35,05	35,47	37,55	39,86
	Sumpfgas	0,93	1,33	0,34	0,77	0,36	0,31	0,10	0,25
	Wasserstoff	5,19	4,31	3,04	2,77	1,06	1,09	1,13	0,79
Auf 100 Vol. Stickstoff. 2.	Kohlensäure	21,0	20,4	6,8	6,9	0,8	0,1	—	1,6
	Kohlenoxyd	43,1	40,7	51,8	51,5	55,6	56,2	61,3	68,5
3.	Kohlenstoff	32,0	30,5	29,3	29,2	28,2	28,1	30,6	35,0
	Sauerstoff	42,5	40,7	32,7	32,6	28,6	28,2	30,6	35,8
4.	Sauerstoffüberschuss	16,0	14,2	6,2	6,1	2,1	1,7	4,1	9,3

[1]) Annal. des mines, sér. IV, t. 19, p. 117. — [2]) Originalmaass.

Tabelle V.

Zusammensetzung der Gase des Wrbna-Hochofens zu Eisenerz (Steiermark), nach Tunner und Richter, 1860 [1]).

(Fig. 152, S. 240.)

Höhe [illegible] Meter		Höhe über den Formen:				
	Oesterreichische Fuss .	$23^1/_3$	$17^1/_3$	$11^1/_3$	$7^1/_3$	4 Zoll
	Meter	7,37	5,48	3,58	2,32	0,10
		Tiefe unter der Gicht:				
	Oesterreichische Fuss .	11	17	23	27	34
	Meter	3,48	5,37	7,27	8,53	10,75
		I.	II.	III.	IV.	V.
1.	Stickstoff	70,50	71,36	68,81	66,66	66,34
	Kohlensäure	16,39	17,80	9,60	2,68	11,60
	Kohlenoxyd	13,11	10,89	21,59	30,66	22,06
2.	Kohlensäure	23,2	24,9	13,9	4,0	17,5
	Kohlenoxyd	18,6	15,3	31,4	46,0	33,3
3.	Kohlenstoff	20,9	20,1	22,6	25,0	25,4
	Sauerstoff	32,5	32,5	29,6	27,0	34,1
4.	Sauerstoffüberschuss . .	6,0	6,0	3,1	0,5	7,6

Tabelle VI.

sammensetzung der Gase des Kaiser-Franz-Hochofens bei Eisenerz (Steiermark), nach Tunner und Richter, 1860 [1]).

(Fig. 153, S. 242.)

Höhe 12,01 M.		Höhe über den Formen:	27 Fuss österr. = 8,53 Meter
		Tiefe unter der Gicht:	11 Fuss österr. = 3,48 Meter
Nach Volumprocenten.	1.	Stickstoff	69,68
		Kohlensäure	17,09
		Kohlenoxyd	13,23
Auf 100 Vol. Stickstoff.	2.	Kohlensäure	24,5
		Kohlenoxyd	19,0
	3.	Kohlenstoff	21,7
		Sauerstoff	34,0
	4.	Sauerstoffüberschuss . .	7,5

[1]) Tunner's Jahrbuch, 9. S. 281. 1860.

Tabelle VII.

Zusammensetzung der Gase des Hochofens zu Mägdesprung (im Har[z]) nach Heine, 1842[1]).

		Tiefe unter der Gicht 10 Fuss [2]) preuss. oder 3,138 Meter.		
		Bei Gaargang.	Bei Darstellung halbirten Eisens.	Bei Rohgang
		I.	II.	III.
Nach Volum-procenten. 1.	Stickstoff	60,33	58,93	61,17
	Kohlensäure	2,17	2,23	3,41
	Kohlenoxyd	36,42	38,39	34,09
	Wasserstoff	0,54	0,45	0,59
	Sumpfgas	0,54	—	0,74
	Sauerstoff	Spur	Spur	—
Auf 100 Vol. Stickstoff. 2.	Kohlensäure	3,6	3,8	5,6
	Kohlenoxyd	60,4	65,1	55,7
3.	Kohlenstoff	32,0	34,4	30,6
	Sauerstoff	33,8	36,3	33,4
4.	Sauerstoffüberschuss	7,3	9,8	6,9

[1]) Berg- und Hüttenmännische Zeitung. 1842. S. 809. — [2]) So findet sich [die] Angabe im Texte, bei der Zusammenstellung der Resultate mit den Ebelme[n']schen sind nur 7 Fuss angegeben.

Tabelle VIII.

Zusammensetzung der Gase des Hochofens zu Hammarby (Schweden), nach Rinmann und Fernqvist, 1862 [1]).

(Fig. 154, S. 242.)

		I.	II.	III. a [2])	III. b [3])	IV. a [4])	IV. b [5])	V.
Höhe 11,95 Meter.		Höhe über den Formen:						Am Tümpel.
	Schwedische Fuss	40¼	34¼	30¼		26¼		¼
	Meter	11,95	10,17	8,98		7,79		0,07
		Tiefe unter der Gicht:						
	Schwedische Fuss	0,0	6,0	10		14		40
	Meter	0,0	1,78	2,97		4,16		11,88
procenten. 1.	Stickstoff	55,1	54,5	57,5	53,7	55,2	58,6	60,2
	Kohlensäure	13,2	14,7	14,0	12,4	8,1	11,9	0,5
	Kohlenoxyd	22,7	23,8	22,4	23,1	29,5	22,7	37,6
	Wasserstoff	7,5	5,5	4,9	8,9	6,1	4,5	1,7
	Sumpfgas	1,5	1,5	1,2	1,9	1,1	2,3	—
	Wasserdampf auf 100 Vol. trocknen Gases	3,0	—	—	2,5	0,2	0,3	—
auf 100 Vol. Stickstoff. 2.	Kohlensäure	24,0	27,0	24,3	23,1	14,6	20,3	0,8
	Kohlenoxyd	41,2	43,7	39,0	43,0	53,4	38,8	62,4
3.	Kohlenstoff	32,6	35,3	31,6	33,0	34,0	29,5	31,6
	Sauerstoff	44,6	48,8	43,8	44,6	41,3	39,7	32,0
4.	Sauerstoffüberschuss	18,1	22,3	17,3	18,1	14,8	13,2	5,5

[1]) Undersökningar rörande Masugnsgasernas kemiska sammansättning, pres-
on och temperatur m. m. af L. Rinman och B. Fernqvist. — [2]) Von den
fenwandungen. — [3]) Aus der Mitte. — [4]) Aus dem Ofen. — [5]) Aus der zu den
stöfen führenden Gasleitung.



Tabelle IX.

Zusammensetzung der Gase des Hochofens zu Forssjö (Schweden), nach Rinman und Fernqvist, 1863[1]).

(Fig. 155, S. 245.)

Höhe 12,54 Meter.										
	Höhe über den Formen:									Am Tümpel
Schwedische Fuss	37,75	33,55	29,25		24,75	21,25	17,05	12,45	8,45	0,25
Meter	11,20	9,96	8,68		7,35	6,31	5,06	3,69	2,51	0,07
	Tiefe unter der Gicht:									
Schwedische Fuss	4,5	8,7	13		17,5	21	25,2	29,8	33,8	42
Meter	1,34	2,58	3,86		5,19	6,23	7,48	8,85	10,03	12,47
	I.	II.	III. a[2])	III. b[3])	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.
Nach Volumprocenten. 1. Stickstoff	55,2	61,2	57,4	59,3	59,1	60,0	61,2	62,1	62,4	60,3
Kohlensäure	10,8	9,1	10,1	8,8	6,5	6,3	2,9	2,2	3,2	1,4
Kohlenoxyd	25,7	23,1	26,7	27,3	31,6	28,7	34,9	33,7	32,0	36,7
Wasserstoff	7,7	6,6	4,8	4,6	2,8	5,0	1,0	2,0	2,4	1,6
Sumpfgas	0,5	—	1,0	—	—	—	—	—	—	—
Wasserdampf auf 100 Vol. trocknen Gases	2,3	1,4	0,7	0,5	1,0	—	—	—	—	—
Auf 100 Vol. Stickstoff. 2. Kohlensäure	19,6	14,9	17,6	14,8	11,0	10,5	4,7	3,5	5,1	2,3
Kohlenoxyd	46,5	37,7	46,5	46,0	53,5	47,8	57,0	54,3	51,3	60,9
3. Kohlenstoff	33,0	26,3	32,0	30,4	32,2	29,1	30,8	28,9	28,2	31,6
Sauerstoff	42,8	33,7	40,9	37,8	37,7	34,4	33,2	30,7	30,8	32,3
4. Sauerstoffübersch.	16,3	7,2	14,4	11,3	11,2	7,9	6,7	4,2	4,3	6,3

[1]) Loc. cit. — [2]) Aus der Mitte. — [3]) Aus der Gasleitung zu den Röstöfen.

Tabelle X.

ammensetzung der Gase des Hochofens zu Hasselfors (Schweden), nach Rinman und Fernqvist, 1864 [1]).

(Fig. 156, S. 245.)

	Höhe über den Formen:					Am Tümpel.
Schwedische Fuss .	31,25	27,25	22,25	10,85	3,15	0,25
Meter	9,28	8,09	6,61	3,22	0,93	0,07
	Tiefe unter der Gicht:					
Schwedische Fuss .	2	6	11 [2])	22,4	30,1	33
Meter	0,59	1,78	3,26	6,65	8,94	9,80
	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.
1. Stickstoff	58,6	55,8	59,9	62,1	62,9	20,8
1. Kohlensäure . . .	11,7	14,5	8,3	3,5	4,1	1,4
1. Kohlenoxyd . . .	24,5	23,0	28,4	31,8	31,4	75,9
1. Wasserstoff	4,7	5,7	3,0	2,6	1,6	1,9
1. Sumpfgas	0,5	1,0	0,4	—	—	—
2. Kohlensäure . . .	20,0	26,0	13,9	5,6	6,5	6,7
2. Kohlenoxyd	41,8	41,2	47,4	51,2	50,0	365,0
3. Kohlenstoff	30,9	33,6	30,6	28,4	28,2	185,8
3. Sauerstoff	40,9	46,6	37,6	31,2	31,5	189,2
4. Sauerstoffüberschuss	14,4	20,1	11,1	4,7	5,0	162,7

[1]) Loc. cit. — [2]) Aus dem Gasleitungsrohr zu den Röstöfen.

Tabelle XI A.

Zusammensetzung der Gase des Hochofens zu Harnäs bei Dannemor (Schweden), nach Rinman, 1866 [1].

(Fig. 157, S. 247.)

Höhe 12,02 Meter.		I.	II.	III.	IV.	V.	V
		Höhe über der Form:					
	Schwedische Fuss	34	23,5		14,75	7,25	
	Meter	10,09	6,97		4,38	2,15	
		Tiefe unter der Gicht:					
	Schwedische Fuss	6,5	17		25,75	33,25	
	Meter	1,93	5,05		7,64	9,87	
		In der Gasleitung [2].	An der Wandung.	Im Inneren.	An der Wandung.	An der Wandung.	I Inn
Nach Volumprocenten. 1.	Stickstoff	58,80	61,90	61,00	65,45	68,80	64,
	Kohlensäure	11,20	4,90	8,75	1,10	4,20	2,
	Kohlenoxyd	25,50	30,75	26,65	32,35	26,30	33,
	Wasserstoff	3,60	2,45	3,50	1,10	0,70	0,
	Sumpfgas	0,90	—	0,10	—	—	-
Auf 100 Vol. Stickstoff. 2 [3].	Kohlensäure	19,05	7,91	14,34	1,68	6,10	3,
	Kohlenoxyd	43,37	49,70	43,70	49,43	38,23	51,
	Wasserstoff	6,10	3,95	4,75	1,70	1,25	0,
	Sumpfgas	1,55	—	—	—	—	–
3.	Kohlenstoff	31,21	28,80	29,02	25,55	22,16	27,
	Sauerstoff	40,73	32,76	36,19	26,39	25,21	29,
4.	Sauerstoffüberschuss	14,2	6,3	9,7	— 0,1	— 1,3	3,

[1]) Handschriftl. Privatmittheilung des Herrn Rinman. — [2]) Im Gasleitu rohr zu den Röstöfen. — [3]) Die von Rinman berechneten, etwas abweichen Zahlen sub 2, 3 und 4 in Tabelle XI A, B und C sind unter den Bemerkun zu den Tabellen aufgeführt und begründet.

Tabelle XI B.

Zusammensetzung der Gase des Hochofens zu Harnäs bei Dannemora (Schweden), nach Rinman, 1866.

(Fig. 157, S. 247.)

Höhe 12,02 Meter.						
	Höhe über der Form:					
Schwedische Fuss	34	23,5		14,75	7,25	
Meter	10,09	6,97		4,38	2,15	
	Tiefe unter der Gicht:					
Schwedische Fuss	6,5	17		25,75	33,25	
Meter	1,93	5,05		7,64	9,87	
	In der Gasleitung.	An der Wandung.	Im Inneren.	An der Wandung.	An der Wandung.	Im Inneren
	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.
Nach Volumprocenten. 1. Stickstoff	57,20	61,85	—	65,10	65,05	—
Kohlensäure	11,00	6,00	—	0,95	0,85	—
Kohlenoxyd	25,70	29,85	—	33,00	33,25	—
Wasserstoff	5,25	1,85	—	0,95	0,85	—
Sumpfgas	0,85	0,45	—	—	—	—
Auf 100 Vol. Stickstoff. 2. Kohlensäure	19,23	9,70	—	1,46	1,31	—
Kohlenoxyd	44,93	48,26	—	50,69	51,11	—
Wasserstoff	9,20	3,00	—	1,45	1,30	—
Sumpfgas	1,50	0,75	—	—	—	—
3. Kohlenstoff	32,08	28,97	—	26,07	26,21	—
Sauerstoff	41,69	33,82	—	26,80	26,86	—
4. Sauerstoffüberschuss	15,2	7,3	—	0,3	0,4	—

Tabelle XI C.

Zusammensetzung der Gase des Hochofens zu Harnäs bei Dannemora (Schweden), nach Rinman, 1866.

(Fig 157, S. 247.)

Höhe 12,02 Meter.		I.	II.	III.	IV.	V.	VI.
		Höhe über der Form:					
	Schwedische Fuss	**34**	**23,5**		**14,75**	**7,25**	
	Meter	**10,09**	**6,97**		**4,38**	**2,15**	
		Tiefe unter der Gicht:					
	Schwedische Fuss	**6,5**	**17**		**25,75**	**33,25**	
	Meter	**1,93**	**5,05**		**7,64**	**9,87**	
		In der Gasleitung.	**An der Wandung.**	**Im Inneren.**	**An der Wandung.**	**An der Wandung.**	**Im Inneren.**
Nach Volumprocenten. 1.	**Stickstoff**	**58,60** [1]	**61,15**	—	**64,15**	**66,95**	—
	Kohlensäure	11,00 [2]	5,95	—	1,85	1,00	—
	Kohlenoxyd	25,40 [3]	30,85	—	32,75	31,25	—
	Wasserstoff	4,40 [4]	1,75	—	1,05	0,55	—
	Sumpfgas	0,60 [5]	0,30	—	0,20	0,25	—
Auf 100 Vol. Stickstoff. 2.	Kohlensäure	18,77	9,73	—	2,90	1,49	—
	Kohlenoxyd	43,35	50,45	—	51,05	46,68	—
	Wasserstoff	7,50	2,85	—	1,65	0,85	—
	Sumpfgas	1,00	0,50	—	—	—	—
3.	Kohlenstoff	31,06 [6]	30,09	—	26,97	24,08	—
	Sauerstoff	40,44 [7]	34,95	--	28,42	24,83	—
4.	Sauerstoffüberschuss	13,9	8,4	—	1,9	— 1,7	—

[1]) 57,50 dicht am Röstofen. — [2]) 11,10 dicht am Röstofen. — [3]) 25,45 dicht am Röstofen. — [4]) 5,50 dicht am Röstofen. — [5]) 0,45 dicht am Röstofen. — [6]) 31,18 dicht am Röstofen. — [7]) 40,67 dicht am Röstofen.

b. Hochofen mit Holzkohlen und Holz.

Tabelle XII.

Zusammensetzung der Gase des Hochofens zu Audincourt (Frankreich), nach Ebelmen, 1841 [1]).

(Fig. 158 und 159, S. 249.)

Höhe 10,55 Meter.							
	Höhe über den Formen:						
Preussische Fuss	33,6	23,0	19,8	16,1	12,4	8,0	—
Meter [2])	10,55	7,22	6,22	5,05	3,88	2,51	—
	Tiefe unter der Gicht:						
Preussische Fuss	An der Gicht.	10,6	13,8	17,5	21,2	25,6	33,6
Meter [2])		3,33	4,33	5,50	6,67	8,04	10,55 [3])
	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.
Nach Volumprocenten. 1. Stickstoff	55,62	54,39	56,07	57,84	57,87	61,61	50,58
Kohlensäure . . .	12,59	14,46	9,55	7,54	3,81	0,21	—
Kohlenoxyd . . .	25,24	23,62	28,82	30 03	34,28	36,39	48,52
Wasserstoff	6,55	7,53	5,56	4,59	4,04	1,79	0,90
Wasser auf 100 Vol. trocknen Gases .	22,7	17,0	1,47	—	—	—	--
Auf 100 Vol. Stickstoff. 2. Kohlensäure . . .	22,6	26,6	17,0	13,0	6,6	0,34	—
Kohlenoxyd . . .	45,4	43,4	51,4	52,1	59,2	59,1	95,9
3. Kohlenstoff	34,0	35,0	34,2	32,5	32,9	29,7	47,9
Sauerstoff	45,3	48,3	42,7	39,0	36,2	29,7	47,9
4. Sauerstoffüberschuss	18,8	21,8	16,2	12,5	9,7	3,3	21,4

[1]) Trav. Scient. p. 315 u. Annal. des mines III. sér. t. XX, p. 395. — [2]) Originalmaass. — [3]) In der Formhöhe, der Form gegenüber.

B. Hochöfen mit Koks.

Tabelle XIII.

Zusammensetzung der Gase des Hochofens zu Vienne (Frankreich), nach Ebelmen, 1843 [1]).

(Fig. 160, S. 252.)

		Höhe über der Form:			
Höhe 9,76 Meter.	Preussische Fuss	31,1	27,9	17,7	2,1
	Meter	9,76	8,76	5,56	0,62
		Tiefe unter der Gicht:			
	Preussische Fuss	An der Gicht.	3,2	13,4	29,0
	Meter [2])		1	4,20	9,14
		I.	II.	III.	IV. [3])
Nach Volumprocenten. 1.	Stickstoff	60,70	63,59	64,66	61,07
	Kohlensäure	11,58	2,77	0,57	0,68
	Kohlenoxyd	25,24	31,83	33,59	36,84
	Wasserstoff	2,48	1,81	1,38	1,41
	Wasserdampf auf 100 Vol. trocknen Gases	5,9	—	—	—
Auf 100 Vol. Stickstoff. 2.	Kohlensäure	19,0	4,4	0,9	1,1
	Kohlenoxyd	41,6	50,0	51,9	60,3
3.	Kohlenstoff	30,3	27,2	26,4	30,7
	Sauerstoff	39,8	29,4	26,8	31,2
4.	Sauerstoffüberschuss	13,3	2,0	0,3	4,7

[1]) Annales des mines IV. sér. T. V, p. 24 u. f. — [2]) Originalmaass. — [3]) ... Tümpel.

Tabelle XIV.

Zusammensetzung der Gase des Hochofens zu Pont-l'Evêque (Frankreich), nach Ebelmen, 1843 [1].

(Fig. 161, S. 252.)

		Höhe über der Form:					
Höhe 10,5 Meter.	Preussische Fuss	33,4	22,3	10,6	2,1	0,9	0,8
	Meter	10,50	7,00	3,35	0,67	0,29	0,24
		Tiefe unter der Gicht:					
	Preussische Fuss	An der Gicht.	11,1	22,8	31,3	32,5	32,6
	Meter [2]		3,50	7,15	9,83	10,21	10,26
		I.	II.	III.	IV.	V.	VI.
1. Nach Volumprocenten.	Stickstoff	62,47	62,72	64,27	62,70	71,20	75,10
	Kohlensäure	7,15	0,68	0,17	0,16	5,87	8,11
	Kohlenoxyd	28,37	35,12	34,01	36,15	22,25	16,53
	Wasserstoff	2,01	1,48	1,35	0,99	0,68	0,26
2. Auf 100 Vol. Stickstoff.	Kohlensäure	11,4	1,1	0,26	0,25	8,2	10,8
	Kohlenoxyd	45,4	56,0	52,9	57,6	31,2	22,0
3.	Kohlenstoff	28,4	28,5	26,6	28,9	19,7	16,4
	Sauerstoff	34,1	29,1	26,7	29,0	23,8	21,8
4.	Sauerstoffüberschuss	7,6	2,6	0,2	2,5	— 2,7	— 4,7

[1]) Annales des mines IV. sér. T. V. p. 25. — [2]) Originalmaass.

Tabelle XV.

Zusammensetzung der Gase des Hochofens zu Seraing (Belgien), nach Ebelmen, 1848[1]).

(Fig. 162, S. 254.)

Höhe 14,43 Meter.		I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.
		Höhe über den Formen:							
	Englische Fuss	46,3		43,8	38,3	37,3		35,3	2,3
	Meter	14,13		13,21	11,69	11,38		10,77	0,73
		Tiefe unter der Gicht:							
	Englische Fuss	1		4	9	10		12	45
	Meter	0,30		1,22	2,74	3,05		3,66	13,71
Nach Volumprocenten. 1.	Stickstoff	57,06	56,64	59,64	62,46	61,67	61,15	61,34	54,63
	Kohlensäure	11,39	11,39	9,85	1,54	1,08	1,13	0,10	—
	Kohlenoxyd	28,61	28,93	28,06	33,88	35,20	35,35	36,30	45,05
	Sumpfgas	0,20	—	1,48	1,43	0,33	0,29	0,25	0,07
	Wasserstoff	2,74	3,04	0,97	0,69	1,72	2,08	2,01	0,[illegible]
Auf 100 Vol. Stickstoff. 2.	Kohlensäure	20,0	20,1	16,5	2,5	1,7	1,8	0,2	—
	Kohlenoxyd	50,1	51,1	47,0	54,2	57,1	57,8	59,2	82,5
3.	Kohlenstoff	35,0	35,6	31,7	28,3	29,4	29,8	29,7	41,3
	Sauerstoff	45,0	45,6	40,0	29,6	30,2	30,7	29,8	41,3
4.	Sauerstoffüberschuss	18,5	19,1	13,5	3,1	3,7	4,2	3,3	14,7

[1]) Annal. des mines IV. sér. t. XIX, p. 122.

C. Hochofen mit rohen Steinkohlen.

Tabelle XVI.

Zusammensetzung der Gase des Hochofens zu Alfreton (England), nach Bunsen und Playfair, 1845 [1]).

(Fig. 163, S. 256.)

Höhe 11,00 Meter.									
	Höhe über den Formen:								
Engl. Fuss	31′1″	28′1″	25′1″	22′1″	21′1″	16′1″	13′1″	12′1″	2′ 1″
Meter	9,48	8,56	7,65	6,73	5,82	4,90	3,99	3,69	0,64
	Tiefe unter der Gicht:								
Engl. Fuss	5	8	11	14	17	20	23	24	34
Meter	1,52	2,44	3,35	4,27	5,18	6,10	7,01	7,31	10,36
	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.
1. Stickstoff	55,35	54,77	52,57	50,95	55,49	60,46	58,28	56,75	58,05
1. Kohlensäure	7,77	9,42	9,41	9,10	12,43	10,83	8,19	10,07	—
1. Kohlenoxyd	25,97	20,24	23,16	19,32	18,77	19,48	26,97	25,10	37,43
1. Sumpfgas	3,75	8,23	4,58	6,64	4,31	4,40	1,64	2,33	—
1. Wasserstoff	6,73	6,49	9,33	12,42	7,62	4,83	4,92	5,65	3,18
1. Oelbildendes Gas	0,43	0,85	0,95	1,57	1,38	—	—	—	—
1. Cyan	—	—	—	—	—	—	Spur	Spur	1,34
2. Kohlensäure	14,0	17,2	17,9	17,8	22,4	17,9	14,0	17,7	—
2. Kohlenoxyd	47,0	37,0	44,0	37,9	33,9	32,2	46,3	44,4	64,4
3. Kohlenstoff	30,5	27,1	30,9	27,8	28,1	25,0	30,1	31,0	32,2
3. Sauerstoff	37,5	35,7	39,9	36,7	39,3	34,0	37,1	39,9	32,2
4. Sauerstoffüberschuss	11,0	9,2	13,4	10,2	12,8	7,5	10,6	13,4	5,7

[1]) Report of the British Association. 1846. p. 170 u. f.

Ergänzende Bemerkungen zu den Tabellen über Zusammensetzung der Gase[1]).

A. Hochöfen mit Holzkohlen betrieben.

a. Mit Holzkohlen allein.

Tabelle I. Veckerhagen (Preussen). Die Dimensioı Hochofens sind in Fig. 148 [2]) angegeben. Die Düse hatte 27,4 (0,060 Meter) Du ser. Als Brennı diente Holzkohle, 0,017 Proc.[3]) As 5 Proc. Feuchtigk hielt. Das Gas am 28. Septembe zwischen 2 Uhr M und 11 Uhr Abe sammelt. Währ Aufsammelns de schwankte die P des Windes z 16,1 bis 17,2 Z betrug im Durcl 16,8 Zoll (0,439 Wassersäule; di peratur des Win zwischen 243° u. und im Mittel bei Das Gewicht der nute eingeblasen war auf 10,432 K der nach einer monatlichen Durchschnittszahl bei Kohlenverbrauch pr. Minute zu 1,705 Kilogrm. g Die Roheisenproduction betrug 1,0218 Kilogrm. pr. bei deren Reduction 0,3938 Kilogrm. Sauerstoff in

Fig. 148.

Veckerhagen.

---

[1]) In diesem Abschnitte sind alle Maasse und Gew Preussisches und Meter-Maass reducirt. Letzteres ist alle wendet, wenn es das Original enthielt. — [2]) Die Maasse, die sämmtlichen Skizzen dieses Abschnittes eingetragen sind ten Meter. — [3]) Pogg. Annal. Bd. XXXXVI, S. 214.

ng mit Kohle gasificirt wurden. Von der Möllerung wurden pr. Minute 0314 Kilogrm. durchgeschmolzen. Dieselbe bestand aus:

Kieselsauren Salzen und Oxyden . . .	83,52 Proc.
Wasser	13,00 „
Kohlensäure	3,48 „
	100,00 Proc.

Es entwichen daher pr. Minute 0,1411 Kilogrm. Kohlensäure aus erselben.

Hiernach betrug das Gewicht der der Gicht pr. Minute entströmenden Gase an

ausgeblasener atmosphärischer Luft . .	10,432 Kilogrm.
gasificirtem Sauerstoff aus dem Erz . .	0,394 „
gasificirter Kohle	1,688 „
Kohlensäure aus der Möllerung	0,141 „
Im Ganzen .	12,655 Kilogrm.

s im Grossen und Ganzen mit der Analyse der Gichtgase übereinmmt. Denn in einem Kilogramm derselben sind der Analyse zufolge Kohlenstoff enthalten:

in der Kohlensäure	0,0150 Kilogrm.
im Grubengase	0,0076 „
im Kohlenoxydgase	0,1406 „
	0,1632 Kilogrm.

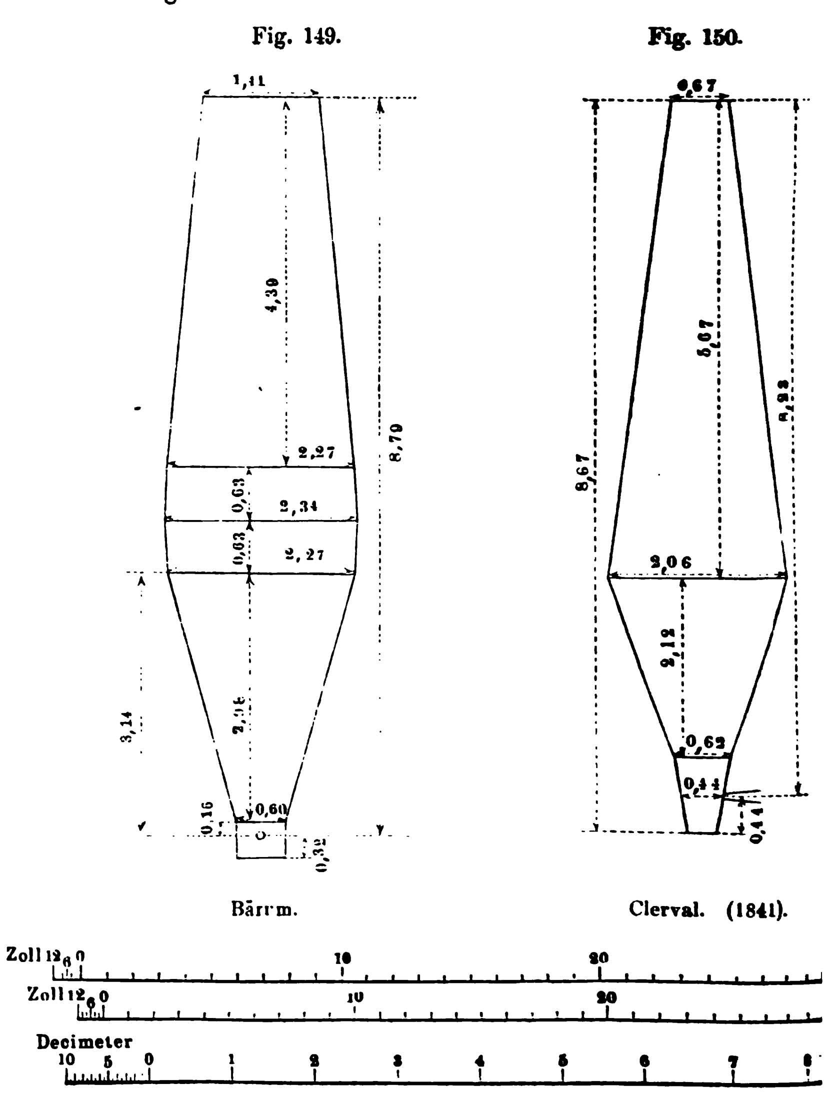
her sind nach Abzug der aus der Möllerung entweichenden Kohlenure 1,924 Kilogrm. Kohlenstoff in demjenigen Gasgemenge vorhanden, elches pr. Minute durch den Schacht streicht. Die unbedeutende Differnz zwischen dieser Menge und den obigen 1,688 Kilogrm. ist in dem rückprallen des Windes an der offenen Form begründet.

Tabelle II.[1]). Bärum (Norwegen). Der Ofen ist in seinen innen Dimensionen durch die Skizze Fig. 149 (a. f. S.) dargestellt. Der ind wurde durch eine Düse von $2^3/_4$ Zoll (0,072 Meter) Dtr. zugeführt. r mittlere Manometerstand war 14 Linien (0,030 Meter) Quecksilber. Die mperatur der durch einen Wasseralfinger Apparat erwärmten Gebläseft hielt sich zwischen 200° und 230° C. Man verschmolz ein Gemenge n Eisenglanz und Magneteisenstein mit einem durchschnittlichen Eisenhalte von 40 bis 42 Procent. Da die Erze theils kalkige, theils kieslige waren, so bedurfte man keines schlackenbildenden Zuschlages. Als rennmaterial dienten Tannenkohlen. Die wöchentliche Production beug etwa 140 Schiffspfund (446,5 preuss. Centner, 22325 Kilogrm.) aues Roheisen. Die Gase in der Höhe von 20,5 und 10 Fuss über der rm wurden nur einfach, alle anderen doppelt untersucht, und die Tablle giebt bei den letzteren das Mittel an. Scheerer folgert aus dem

[1]) Pogg. Annal. 60. p. 489 1843.

Verhältniss des Stickstoffs zum Sauerstoff in den Gasen, dass die E
vor ihrem Eintritt in den weitesten Theil des Hochofens sich scho
fast völlig reducirtem Zustande befinden müssen.

Fig. 149. Fig. 150.



Bärm. Clerval. (1841).

Tabelle III. Clerval (Frankreich), 1841. Der Hochofen
Clerval hatte zur Zeit, wo die in dieser Tabelle zusammengestellten V
suche gemacht wurden, die Dimensionen der vorstehenden Skizze, Fig. 1
Derselbe wurde mit heissem Winde betrieben, welcher eine Tempera
von 175° bis 190° C. hatte. Die Düse hatte 0,065 Meter Durchmes

ressung des Windes betrug nur 0,015 bis 0,018 Meter Quecksilber. ichten waren zusammengesetzt aus

	Cubikmeter =	Kilogramm
Holzkohle	0,500	115
Kalkstein	0,020	29
Bohnerz	0,110	198
Kalkigem Erz . . .	0,050 — 0,060	89 — 107.

Der Abstich erfolgte nach je 20 Gichten. Die Beschickung hatte hernd folgende Zusammensetzung:

Wasser	12,5	Proc.
Kohlensaurer Kalk	21,0	"
Eisenoxyd	39,2	"
Manganoxyd	0,7	"
Kieselsäure	20,0	"
Thonerde	6,6	"

Eisen		27,2	Proc.
Flüchtige Substanzen = 33,7 Proc.	Sauerstoff . . .	12,0	"
	Wasser	12,5	"
	Kohlensäure . .	9,2	"
Beständige Substanzen = 39,1 Proc.	Kieselsäure . .	20,0	"
	Thonerde . . .	6,6	"
	Kalk	11,8	"
	Manganoxyd .	0,7	"

Die Holzkohle enthielt durchschnittlich 8 Procent Feuchtigkeit und r 13,06 Proc. an Gewicht bei einer Erhitzung zur Weissgluth. Bei C. getrocknet und dann analysirt, ergab sie [1])

	Feste Substanz. Proc.	Flüchtige Substanz. In 13,06 Proc.	Proc.
Kohlenstoff	87,68	3,80	28,7
Wasserstoff	2,83	2,83	21,6
Sauerstoff	6,43	6,43	49,7
Asche	3,06	—	—
	100,00	13,06	100,0.

Es erforderten 100 Kilogrm. Roheisen 148 Kilogrm. Holzkohle und Kilogrm. Erz. Die Production betrug 61170 Kilogrm. (1223,4 pr. beinahe stets grauen Roheisens pr. Monat.

Die Gase in den Tiefen bis zum weitesten Theile des Ofens wurden gusseiserne Röhren von 0,10 Meter Dtr. aufgefangen, welche mit Beschickung herabgelassen wurden. Zur Untersuchung des Gases em Kohlensacke (dem weitesten Theile des Ofens, *top of the boshes,* *ventre*) wurde eine Probe vermittelst einer durch das Gemäuer des geführten Kupferröhre entzogen. Dies Gas, sowie alle aus tiefen n des Ofens gewonnenen Proben zeigten einen an Arsenik erinnern-

[1]) Annales des mines. III. sér., t. XVI. p. 550.

den Geruch. Es brannte mit einer blauen Flamme, welche rothe Ränder hatte. Die Gase aus den tieferen Theilen des Ofens wurden durch Porcellanröhren von kleinem Durchmesser entzogen. Das so gewonnene Gas 0,44 Meter über der Form, brannte mit weisser, blaugeränderter, auf kalte Körper Zinkoxyd absetzender Flamme.

Die Analysen geben meist Mittel aus zahlreichen einzelnen Versuchen an. Das Gas an der Gicht zeigte im Mittel einen Wassergehalt von 14,38, wenn eine frische Gicht aufgegeben war, und von 9,42 vorher, wenn die Gicht herabgesunken war, auf 100 Vol. trocknen Gases.

Unter dem Tümpeleisen entnommenes Gas zeigte bei einem einzelnen Versuche

51,35	Vol.-Proc.	Kohlenoxyd,
1,25	"	Wasserstoff,
47,40	"	Stickstoff.

Die dicht vor der Form entnommenen Gase gaben

2,67	Vol.-Proc.	Kohlensäure
97,33	"	Sauerstoff und Stickstoff

nebst einer von Ebelmen als zufällig betrachteten geringen Menge Kohlenoxydgas.

Wegen der schwierigen Ausführung des letzten Experimentes, welches nur bei Einstellung des Gebläses möglich war, gelang nur ein Versuch.

Tabelle IV. Clerval (Frankreich), 1848. Nachdem die Genauigkeit der vorhergehenden Analysen von Gasen aus dem Hochofen zu Clerval in Zweifel gezogen war, da in denselben sich Kohlenwasserstoff ausdrücklich als nicht vorhanden bezeichnet fand, so wiederholte Ebelmen die Versuche auf derselben Hütte im October 1848. Der Hochofen war inzwischen beträchtlich in seinen Dimensionen verändert worden, wie die Skizze (Fig. 151) zeigt, und wurde mit kaltem Winde betrieben.

Die Düse hatte 0,063 Meter Durchmesser, die Form 0,09 Meter Breite und 0,10 Meter Höhe. Die Windpressung war = 0,033 Meter Quecksilber.

Eine Gicht bestand aus

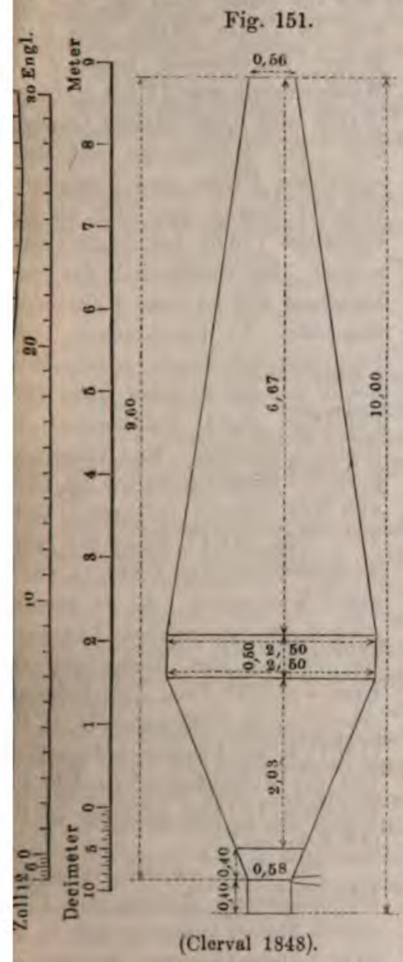
	Cubikmeter	= Kilogramm
Holzkohle	0,500	115
Erz	0,165	295
Kalkstein	0,010	15

32 solcher Gichten wurden in 24 Stunden gesetzt. Nach dem Aufgeben von je 20 Gichten erfolgte der Abstich. Es wurden hierbei im Durchschnitt 1800 Kilogrm., täglich daher 2800 bis 2900 Kilogrm. dunkelgraues Roheisen gewonnen. Die Gase entzog man rund um einen in die Ofengicht gehängten gusseisernen Cylinder.

Probe Nro. I. wurde aus dem das Gas nach den Dampfkesseln führenden Rohre etwa 1 Meter unterhalb der Beschickungsoberfläche, Gas

o. II. ebendaher $^1/_4$ Stunde nach der Beschickung entnommen; Gas o. III. und IV. ist mittelst gusseiserner eingesenkter Röhren, Gas Nro. V., VI. und VII. aus Oeffnungen in dem Mauerwerk des Ofens und zwar Nro. VII. aus einer 1,05 Meter über der Form im Tümpel gelegenen Oeffnung gewonnen. Dies letztere Gas brannte mit weisser Flamme und entwickelte starken Rauch von Zinkoxyd. Gas Nro. VIII. wurde vermittelst eines in ein Porzellanrohr geschobenen Flintenrohres bei 0,40 Meter Höhe durch den Tümpel entzogen. Die Gase stiessen viel Zinkdämpfe aus. Ebelmen suchte nach Cyan in den Gasen von Nro. V. bis Nro. VIII., entdeckte aber keines. Die Analysen wurden mit Regnault's und Reiset's Eudiometer ausgeführt. Ebelmen findet hinreichende Uebereinstimmung in den Resultaten dieser Analysen mit denen seiner früheren Untersuchungen. „Man sieht," sagt er, „die Reduction progressiv voranschreiten von der Tiefe in 6 Metern bis zur Gicht. In derselben Zone wächst der Kohlenstoffgehalt in Folge der Entbindung von Kohlensäure aus Erz und Zuschlagskalkstein, sowie wegen der fortgesetzten Destillation der Holzkohle. Im umgekehrten Verhältnisse zu der Zunahme des Kohlen-

Fig. 151.



(Clerval 1848).

rdgases steht das Verhältniss von Wasserstoff und Kohlenwasserstoff, von ıen ersteres keine reductive Kraft zu besitzen scheint. Die Reductions-ıe liegt offenbar näher an der Gicht als während der 1841 angestellten Ver-he, was durch die Verschiedenheit der Windtemperatur zu erklären ist."

Tabelle V. Wrbna (Oesterreich). Die Dimensionen des Wrbna-chofens zu Eisenerz sind aus der Skizze Fig. 152 (a. f. S.) ersicht-ı. Der Querschnitt ist in allen Theilen kreisförmig. An der Gicht ein circa $6^1/_2$ Fuss (2, 7 Meter) hoher, 28 Zoll (0,73 Meter) weiter encylinder eingehängt, welcher zum Abfangen der für die Heizung Luftterhitzungs-Apparate benutzten Gichtgase dient. Das Ableitungs-

ıchen, der Fehler doch kein ganz geringer. Die Gase aus heilen des Hochofens bis zur Gegend des Kohlensackes oder eigten einen Geruch nach Kreosot, wie man denselben auf kohlungsstätte wahrnehmen kann. Dagegen hatten die Gase en Theilen, wo die Reduction am lebhaftesten ist, einen an nden Geruch, der aber, wie Tunner bemerkt, vielleicht ım oder anderen Stoffen herrührte.

VI. St. Stefen (Oesterreich). Der Kaiser-Franz-Hoch- efen bei Eisenerz hatte die durch die Skizze Fig. 153 (a. f. S.) Dimensionen. Er war mit zwei einander gegenüberliegenden ormen von 23 Linien (0,050 Meter) Durchmesser versehen. te eine Pressung von 8 bis 12 Linien (0,017 bis 0,026 Meter) nd eine Temperatur von 200° C.

diente roher Spatheisenstein. Die Gicht bestand aus 16,1 kohle, 347 bis 358 Pfund (173,5 bis 179 Kilogrm.) Erz d. (8,4 Kilogrm.) Kalkzuschlag. Das Ausbringen der Be- r 35 bis 36 Proc., der Kohlenaufwand zu 100 Pfd. grauen 7 Cbkf. oder circa 95 bis 100 Pfd. (47,5 bis 50 Kilogrm.). ı gingen 74 Gichten durch. Die Gase wurden an der Gicht zung verwendet.

schliesst aus einer Vergleichung der sub V. und VI. mit- alysen, dass die aus dem Spatheisenstein entwickelte Koh- Kosten der umliegenden Holzkohle beinahe ganz in Kohlen- ndelt werde, was bei der Kohlensäure des Kalksteines eben- .

beiden Hochöfen die Reduction so ungemein tief, nämlich erhalb des Kohlensackes vor sich geht, wird aus der verhält- ossen Weite des unteren Raumes erklärt. Aus dem Wach- ensäuregehaltes und der Abnahme des Kohlenoxydgehaltes ıen aufwärts wird gefolgert, dass die Oxydation des Kohlen- ch die Eisenoxyde schneller vor sich gehe, als die Reduction ire durch die Kohle.

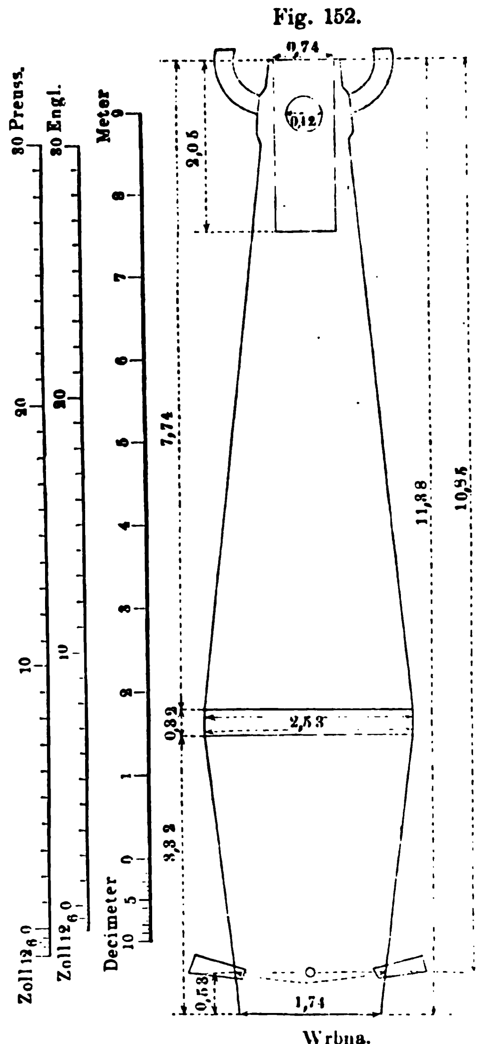
VII. Mägdesprung (Harz). Die Untersuchungen von zwar nur die Zusammensetzung des Gases in einer be- fe, sie haben aber insofern besonderes Interesse, als die Gase bei verschiedenem Gange des Hochofens gesammelt

hofen war 31 Fuss (9,73 Meter) hoch und hatte eine $3^1/_2$ eter) weite Gicht, auf welcher sich ein Winderhitzungs- d. Hochofengase, welche zum Puddeln verwendet werden en im Schachte nach der Fabre du Faur'schen Methode [1])

[1] as Capitel über Gichtgasfänge.

rohr ist 16 Zoll (0,42 Meter) weit. Die durchschnittlich auf 200 hitzte Gebläseluft wird dem Ofen durch drei Formen zugeführ denen die beiden Seitenformen ebenso wie die Düsen circa 30, tere 16 Linien (0,065 und Meter) Durchmesser haben Windpressung war 18 bis 2 (0,039 und 0,048 Meter) Q ber. Die Windmenge au sphärische Dichte und Tem reducirt betrug pp. 862 Cubikfuss (26,65 bis 28,23 meter). Der Cubikinhalt de berechnet sich zu nahe 1000 fuss oder 31 Cubikmeter. Brennmaterial diente weich kohle, von der zu jeder Gicl Cubikfuss (0,61 Cubikmet nommen wurden. Man ver geröstete Spatheisensteine p 429 Pfd. (214,5 Kilogrm. $22^{1}/_{3}$ Pfd. (11,17 Kilogrm. wackenschiefer und 9 Pfd. (4 grm.) Wascheisen. In 24 gingen durchschnittlich 14 ten durch. Das Ausbring Erze war 50,8 Proc., die R erzeugung in 24 Stunden 31 (15675 Kilogr.) weissstrahlig und der Kohlenbedarf zu Roheisen, 10 Ckbf. oder pp. (39 Kilogrm.).

Fig. 152.



Wrbna.

Die Gase wurden ve schmiedeiserner Röhren vo (0,026 Meter) äusserem und (0,013 Meter) innerem Dur abgeleitet. Es wurde hie gleich die Spannung der messen, worüber später angegeben werden wird.

Bei der Analyse der Gase konnte auf Wasserstoff und wasserstoff keine Rücksicht genommen werden, weil die Ei des Eudiometers nicht hinreichend fein war. Es ist daher d stoff und Kohlenoxydgasgehalt gegen den Kohlensäuregehalt hoch befunden worden. Uebrigens ist, wie man aus den and getheilten Analysen ersieht, in denen jene Gasarten zum Th

Proc. ausmachen, der Fehler doch kein ganz geringer. Die Gase aus den oberen Theilen des Hochofens bis zur Gegend des Kohlensackes oder etwas tiefer zeigten einen Geruch nach Kreosot, wie man denselben auf jeder Holzverkohlungsstätte wahrnehmen kann. Dagegen hatten die Gase aus den tieferen Theilen, wo die Reduction am lebhaftesten ist, einen an Selen erinnernden Geruch, der aber, wie Tunner bemerkt, vielleicht von Cyankalium oder anderen Stoffen herrührte.

Tabelle VI. St. Stefen (Oesterreich). Der Kaiser-Franz-Hochofen zu St. Stefen bei Eisenerz hatte die durch die Skizze Fig. 153 (a. f. S.) angegebenen Dimensionen. Er war mit zwei einander gegenüberliegenden Düsen und Formen von 23 Linien (0,050 Meter) Durchmesser versehen. Der Wind hatte eine Pressung von 8 bis 12 Linien (0,017 bis 0,026 Meter) Quecksilber und eine Temperatur von 200° C.

Als Erz diente roher Spatheisenstein. Die Gicht bestand aus 16,1 Cbkf. Fichtenkohle, 347 bis 358 Pfund (173,5 bis 179 Kilogrm.) Erz nebst 16,8 Pfd. (8,4 Kilogrm.) Kalkzuschlag. Das Ausbringen der Beschickung war 35 bis 36 Proc., der Kohlenaufwand zu 100 Pfd. grauen Roheisens 12,7 Cbkf. oder circa 95 bis 100 Pfd. (47,5 bis 50 Kilogrm.). In 24 Stunden gingen 74 Gichten durch. Die Gase wurden an der Gicht zur Lufterhitzung verwendet.

Tunner schliesst aus einer Vergleichung der sub V. und VI. mitgetheilten Analysen, dass die aus dem Spatheisenstein entwickelte Kohlensäure auf Kosten der umliegenden Holzkohle beinahe ganz in Kohlenoxyd umgewandelt werde, was bei der Kohlensäure des Kalksteines ebenfalls stattfinde.

Dass bei beiden Hochöfen die Reduction so ungemein tief, nämlich im Raume unterhalb des Kohlensackes vor sich geht, wird aus der verhältnissmässig grossen Weite des unteren Raumes erklärt. Aus dem Wachsen des Kohlensäuregehaltes und der Abnahme des Kohlenoxydgehaltes von den Formen aufwärts wird gefolgert, dass die Oxydation des Kohlenoxydgases durch die Eisenoxyde schneller vor sich gehe, als die Reduction der Kohlensäure durch die Kohle.

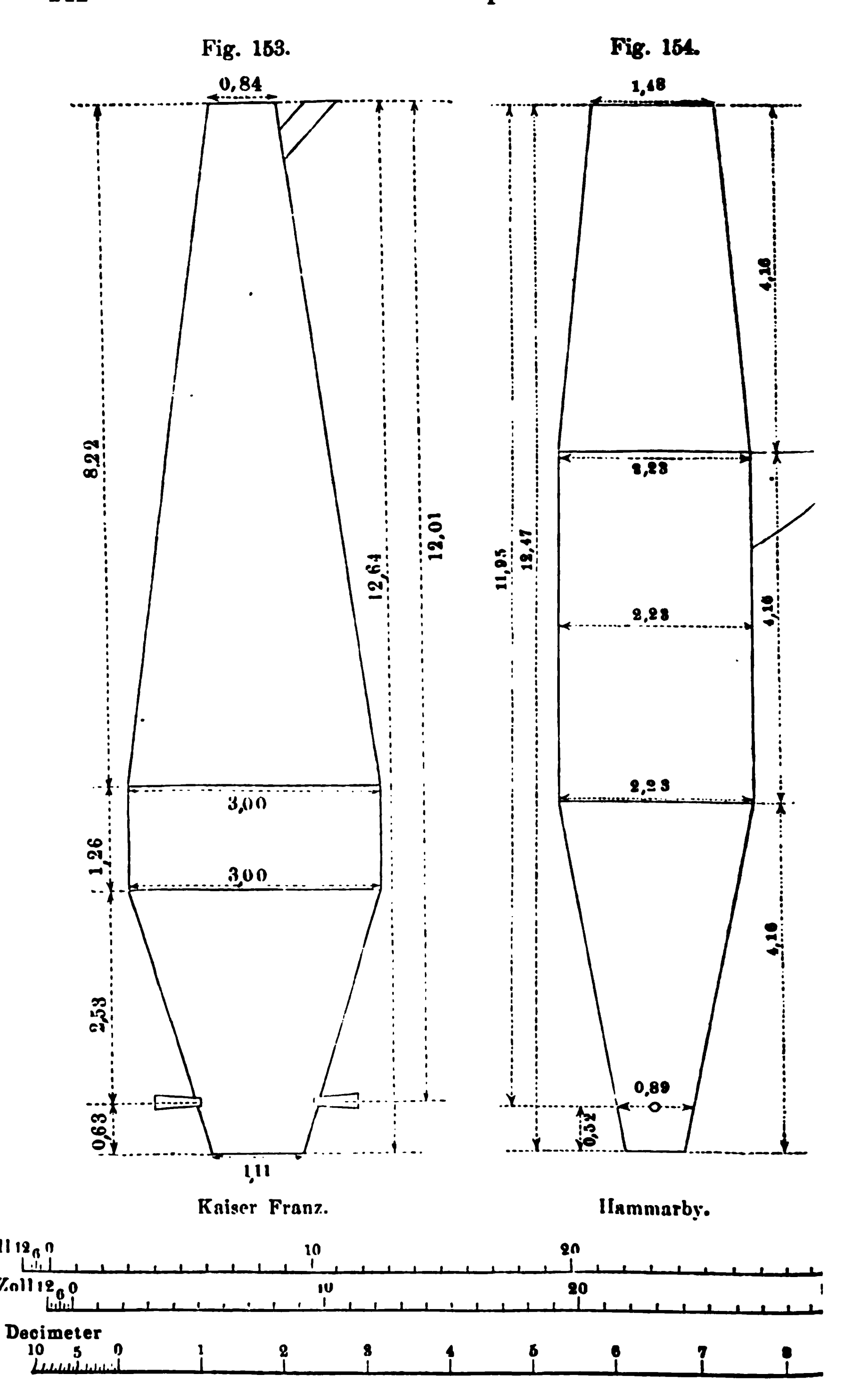
Tabelle VII. Mägdesprung (Harz). Die Untersuchungen von Heine geben zwar nur die Zusammensetzung des Gases in einer bestimmten Tiefe, sie haben aber insofern besonderes Interesse, als die untersuchten Gase bei verschiedenem Gange des Hochofens gesammelt worden sind.

Der Hochofen war 31 Fuss (9,73 Meter) hoch und hatte eine $3^1/_2$ Fuss (1,10 Meter) weite Gicht, auf welcher sich ein Winderhitzungsapparat befand. Hochofengase, welche zum Puddeln verwendet werden sollten, wurden im Schachte nach der Fabre du Faur'schen Methode [1])

---

[1]) Vergl. das Capitel über Gichtgasfänge.

Fig. 153. Fig. 154.



Kaiser Franz. Hammarby.

fangen. Es wurde Spatheisenstein, Sphärosiderit, Roth- und Braun-
ıenstein mit Zuschlag von Frischschlacken bei harten Laubholzkohlen
rschmolzen.

Tabelle VIII. Hammarby (Schweden). Der Hochofen zu Ham-
arby hat die in Skizze Fig. 154 verzeichneten Dimensionen. Die drei
ormen sind 22,7 Linien (0,049 Meter) weit, die beiden Seitendüsen haben
),9 Linien (0,043 Meter), die Rückdüse 18,5 Linien (0,040 Meter) Weite.
er Abzug für die Gase, welche zur Erhitzung des Windes und zum
östen der Eisenerze benutzt werden, liegt mit der Oberkante 13,24
uss (4,16 Meter) unter der Gicht.

Auf 6 Tonnen Holzkohle = 32,7 Cbkf. (1,011 Cubikmeter) = 316,4
Pfd. (158,2 Kilogrm.) wurden aufgegeben

3,40 Ctr.	(170 Kilogrm.)	quarziger Eisenglanz von . .	44 Proc. Eisen
2,38 „	(119 „)	Magneteisenstein von . . .	50 „ „
0,42 „	(21 „)	Magneteisenstein von . . .	56 „ „
1,53 „	(76,5 „)	dolomitartiger Kalkstein.	

Es gingen in 24 Stunden 48 bis 49 Gichten nieder. Die Beschickung
eferte 39,6 Proc. Roheisen, halb weiss und halb grau. Der Wind war
af 200° C. erhitzt und hatte 20,4 bis 23,1 Linien (0,044 bis 0,050
[eter) Quecksilber Pressung.

Durch eine Berechnung, auf welche wir weiter unten zurückkommen
erden, gelangt Rinmann zu dem Schlusse, dass in dem Gase der Gicht
7,1 Vol. Sauerstoff auf 100 Vol. Stickstoff diejenige Menge Sauerstoff
präsentiren, welche nicht vom Gebläsewind herrührt, dass vom Gebläse-
ind dagegen die übrigen 27,5 Vol. stammen, welche mit 27,5 Vol. Koh-
nstoff Kohlenoxyd gebildet haben, und dass von dem Kohlenstoff der
ohlen demnach 87,5 Proc. nach Umwandlung in Kohlenoxyd, 6,8 Proc.
rect zur Reduction der Eisenerze [1]), die übrigen 5,7 Proc. zur Kohlung
s Eisens verwendet würden.

Von den 17,1 Vol. Sauerstoff der Gichtgase, welche aus der Be-
hickung stammen, kommen 4,3 Vol. aus der Kohlensäure des Kalksteins,
9 Vol. aus der in den Kohlen enthaltenen Kohlensäure und 0,3 Vol.
ıs dem darin enthaltenen Kohlenoxydgas (da die Holzkohlen nie reiner
ohlenstoff sind), 11,6 Vol. aus den Erzen.

Das Gasgemenge aus dem Canal, welcher zu dem Röstofen führt,
ıtspricht nach Rinman einer tieferen Stelle des Ofenschachtes als der,
ıs welcher es entnommen. Das Gas enthält nämlich 20,3 Vol. Kohlen-
ıure und 38,8 Vol. Kohlenoxyd auf 100 Vol. Stickstoff. Da das Gas vor
en Formen 55 Vol. Kohlenoxyd enthält, so sind 16,2 Vol. durch Reduc-

[1]) Es ist hierbei gleichgültig, ob man sich vorstellt, dass diese Kohle das Erz
nmittelbar durch Berührung reducire, oder dass ein Theil der durch Reduction
r Erze gebildeten Kohlensäure in den tieferen Ofentheilen durch Aufnahme von
ohlenstoff in Kohlenoxyd umgewandelt sei und dass dieses die Reduction be-
irkt habe.

16*

tion der Erze entstanden und in Kohlensäure übergegangen. Die übrigen 20,3 — 16,2 = 4,1 Vol. Kohlensäure rühren vom Kalkstein und der directen Erzreduction durch Kohle her. Die beiden letzteren Vorgänge hätten aber, da man sie hier als abgeschlossen betrachten kann, 4,3 + 4,4 = 8,7 Vol. Kohlensäure geben müssen, folglich ist anzunehmen, dass die Gase aus tieferen Regionen stammen.

Tabelle IX. Forssjö (Schweden). Der Hochofen zu Forssjö hatte die Dimensionen der Skizze Fig. 155. Die beiden Formen hatten 28,3 Linien (0,062 Meter), die beiden Düsen 25,6 Linien (0,056 Meter) Durchmesser. Die Gase zur Erhitzung des Windes wurden etwas höher als die zum Rösten entzogen, letztere $14\frac{1}{2}$ Fuss (4,5 Meter) unter der Gicht.

Auf 8 Tonnen (43,2 Cbkf., 1,336 Cbk-Meter) = 401,4 Pfd. (200,7 Kilogrm.) Holzkohlen wurden 7,23 Ctr. (361,5 Kilogrm.) quarziger Magneteisenstein und 1,19 Ctr. (59,5 Kilogrm.) Kalkstein gesetzt.

Der Gebläsewind war auf 170° C. erhitzt und hatte eine Pressung von 16,3 bis 17,7 Linien (0,035 bis 0,038 Meter) Quecksilber.

In 24 Stunden wurden 112,3 Gichten gesetzt. Die Beschickung lieferte 44,4 Proc. halbirtes Roheisen.

Rinman's Berechnungen zeigen, dass auch hier die Gasprobe aus 1,34 Meter Tiefe nicht alle aus der Kohle, Beschickung und Gebläseluft stammenden Bestandtheile angiebt, da der Gebläsewind 1 Vol. Wassergas, also 26,5 + 0,5 = 27 Vol. Sauerstoff auf 100 Vol. Stickstoff in den Ofen führt, das Erz aus jedem Satze 160 Pfd. Sauerstoff, der Kalkstein 43 Pfd. Kohlensäure = 12 Pfd. Kohlenstoff und 31 Pfd. Sauerstoff liefert, und die Kohle, ehe sie verbrennt, an flüchtigen Gasen 6 Pfd. Kohlenstoff und 13 Pfd. Sauerstoff abgiebt, während das Roheisen von jedem Satze 19,8 Pfd. Kohlenstoff aufnimmt. Er schliesst daher, dass die Gasprobe in Folge der Entnahme aus der Mitte des Ofens vermittelst Röhren der Zusammensetzung tieferer Schichten entspreche.

Im Uebrigen spricht die ziemlich gleichmässige Abnahme der Gase an Kohlenstoff und Sauerstoff von der Gicht nach abwärts für die relative Richtigkeit der Gasproben.

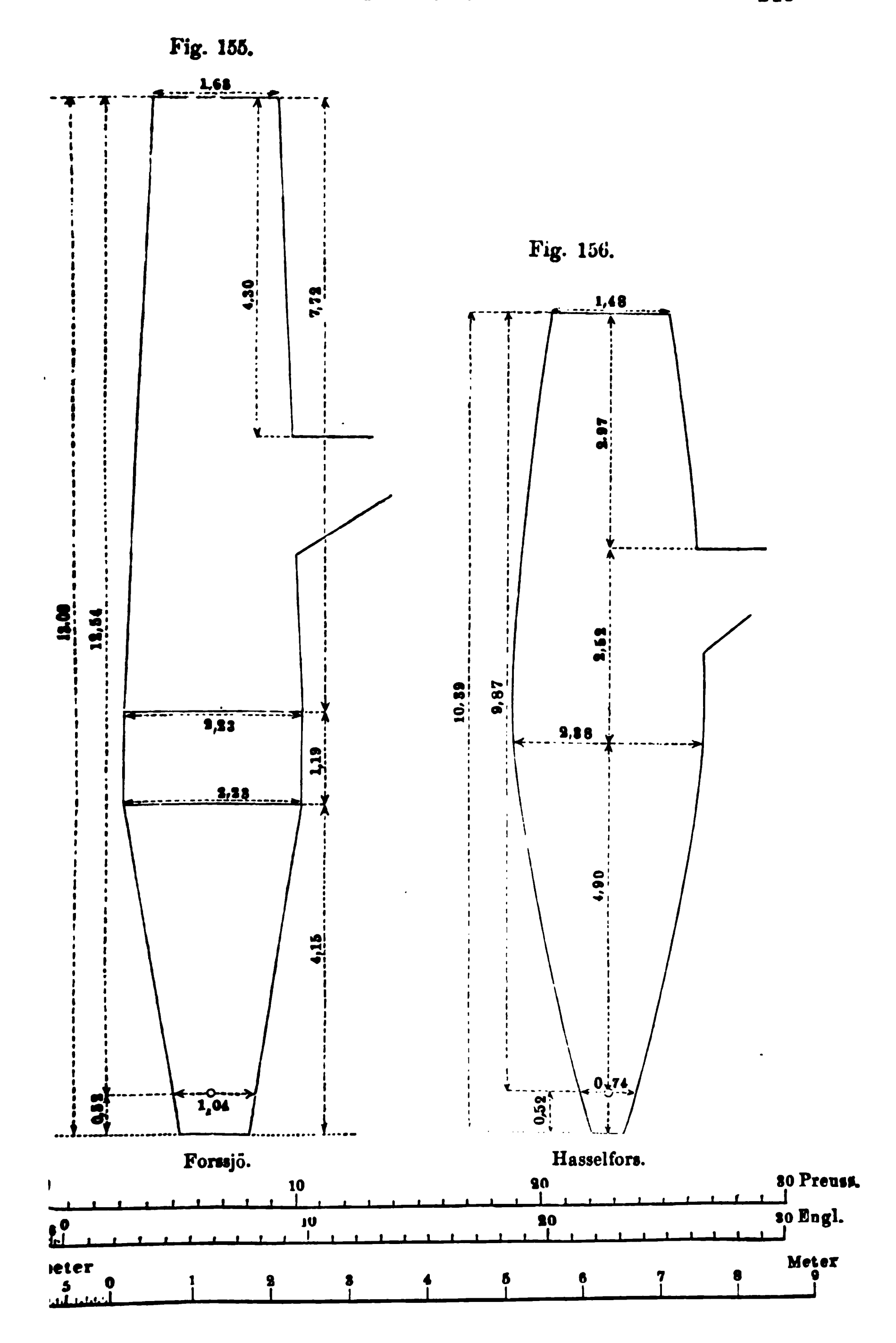
Die Gasprobe aus 2,58 Meter Tiefe zeigt einen so hohen relativen Stickstoffgehalt, dass man annehmen kann, es sei zu der Zeit ein Theil des Sauerstoffs der Luft oder der Erze in die Schlacke gegangen (d. h. Rohgang eingetreten).

Die weiteren Proben ergeben, dass in der Zone von 3,86 Meter bis 6,23 Meter Tiefe mindestens 7 Proc. des Erzes, bis zu der Tiefe von 33,8 Fuss bereits $\frac{1}{3}$ der ganzen Erzmasse reducirt worden sei. Zur gesammten Erzreduction wurden nahezu 14 Proc. des ganzen Kohlensatzes verwendet.

Tabelle X. Hasselfors (Schweden). Die Dimensionen des Hohofens von Hasselfors werden durch die Skizze Fig. 156 veranschaulicht

Fig. 155.

Fig. 156.



Der obere Theil des Schachtes ist konisch, unter dem weitesten Querschnitte, dem Kohlensack, schliesst sich durch einen bogenförmigen Theil das Gestell an, welches bis in die Nähe der Form kreisförmig ist, dort aber einen etwas ovalen Querschnitt hat, so dass die Seitenformen von einander 2 Fuss 5½ Zoll (0,772 Meter), die Rückenform von der Brust aber 2 Fuss 10 Zoll (0,891 Meter) entfernt ist.

Die Rückenform hatte 21,9 Linien (0,048 Meter), die Seitenformen 25,6 und 27,2 Linien (0,056 und 0,059 Meter) Dtr., die entsprechenden Düsen 19,1, 23,1 und 23,1 Linien (0,042, 0,050 und 0,050 Meter) Durchmesser. Die Gasabführung für den Röstofen liegt 9 Fuss 5½ Zoll (2,969 Meter), die für den Winderhitzungs-Apparat 5 Fuss $8^1/_{12}$ Zoll (1,781 Meter) unter der Gicht.

Auf 8 Tonnen (43,2 Cbkf., 1,336 Cbkm.) = 394,4 Pfd. (197,2 Kilogrm.) Holzkohlen kamen

2,72 Ctr. (136 Kilogrm.) quarziger Eisenglanz mit . . . . . 45,8 Proc. Eisen
6,63 „ (331,5 „) Magneteisenstein mit . . . . . . 47,7 „ „
1,53 „ (76,5 „) mangan- und kalkhaltiges Erz mit 23,3 „ „
0,17 „ (8,5 „) Kalkstein.

In 24 Stunden gingen 30 solcher Gichten nieder und lieferten 45,5 Proc. weisses, in der Mitte mit grauen Körnern versehenes Roheisen. Der Wind hatte eine Temperatur von 200° C. und eine Pressung von circa 14,3 Linien (0,031 Meter) Quecksilber.

Nach Rinman's Berechnungen sind die Gase von 0,59 Meter einer grösseren Tiefe von etwa 2,5 Meter zuzurechnen.

Die Gase aus 1,78 Meter Tiefe enthalten 19,1 Vol. Sauerstoff auf 100 Vol. Stickstoff mehr, als der Gebläsewind, was dem aus Erzen, Kalkstein und Kohle vergaseten Sauerstoff so weit entspricht, dass diese Gase als ziemlich genau dem Gasgemenge der höchsten Ofentheile entsprechend angesehen werden können. Durch Rechnung findet man, dass circa 16 Proc. der ganzen Kohlenmasse zur directen Reduction des Erzes verbraucht werden.

Die Gase aus den Leitungen zeigen, dass über dieser Tiefe 41 bis 47, unterhalb derselben 53 bis 59 Proc. Erze reducirt wurden, und dass von dem zur directen Reduction verwendeten Kohlenstoff über dieser Tiefe 38 bis 48, unter derselben 52 bis 62 Proc. verbraucht worden sind. Hiernach kann man nach Rinman die Gase als der halben Höhe des Ofens entsprechend ansehen.

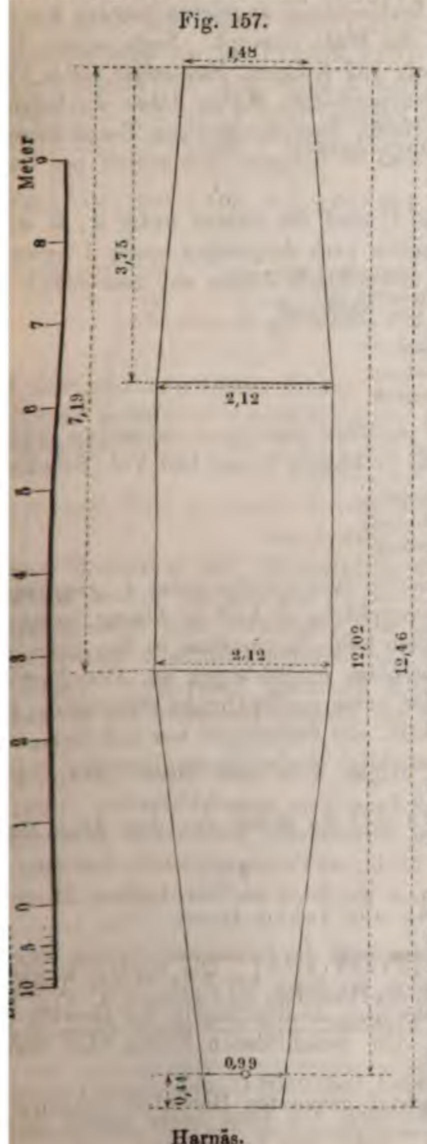
Bis zu 6,65 Meter Tiefe wurden nach der Zusammensetzung der Gase ⅘ der Erzmasse reducirt. Da aber die Gase bei 8,94 Meter Tiefe nur ¾ der Erzmasse als reducirt nachweisen, so liegt hierin der Beweis einer ungleichförmigen Reduction zu den verschiedenen Zeiten der Gasentnahme.

Die Gasanalysen der drei zuletzt genannten Hochöfen zeigen, dass bereits in der oberen Ofenhöhe ein bedeutender Erztheil auf Kosten des Kohlenstoffs reducirt werden und sich daselbst ein bedeutender Theil des

lksteins brennen kann. Es scheint, dass diese Resultate um so deutlher hervortreten, je geringer der Erzsatz im Verhältniss zu dem Kohlgewichte ist.

Tabelle XI. Harnäs (Schweden). Die Dimensionen dieses Ofens ıd in Fig. 157 dargestellt. Der Ofen hatte drei Formen von je 0,05 Meter Durchmesser. Das Gas wurde vermittelst eines in die Gicht gehängten Cylinders entzogen, welcher 1,92 Meter in die Gicht hineinreichte und die Fortsetzung der unteren Ofenwände bildete, während zwischen demselben und dem Kernschacht ein ringförmiger Raum von 0,15 Meter Weite blieb.

Fig. 157.



Harnäs.

Das Gas hatte am Cylinder eine Pressung von 0,010 bis 0,012 Meter Wassersäule.

Auf 1,32 Cubikmeter Holzkohle = 190 Kilogrm. wurden 447 Kilogrm. gerösteter Magneteisenstein gesetzt, welcher 53 Proc. (weisses und graues) Roheisen gab. Das Erz enthielt 85 Kilogrm. Sauerstoff pro Satz. Man verbrauchte 59,4 Cubikmeter Wind in 24 Stunden mit einer Pressung von 0,043 Meter Quecksilber und einer Temperatur von 75° C.

Die Windpressung war bei der dritten Versuchsreihe auf 52 Millimeter Quecksilber verstärkt worden.

Diese Untersuchungen haben besondere Wichtigkeit dadurch, dass die Gase in derselben Tiefe aus verschiedenen Theilen des Ofenraumes entnommen wurden. Es geschah dies vermittelst eiserner durch das Gemäuer des Ofens eingeschobener Röhren.

Die Proben jeder Reihe wurden ausserdem durch eben so viel

Personen zu derselben Zeit genommen. Man hat somit hier die höchste Vollkommenheit zu erreichen gesucht, welche überhaupt möglich ist, und da ausserdem die Abwesenheit jedes Zuschlagkalkes und der daraus entwickelten Kohlensäure die Resultate nicht verdunkelt, so kann auf dieselben vielleicht mehr Werth gelegt werden, als auf alle übrigen.

Rinman kam zu dem Schluss, dass das Gas an den Wänden gleichsam als ein Magazin reducirender Bestandtheile angesehen werden könne, aus welchem sich der Gasstrom in der Mitte versorgt. Nach seiner Berechnung liefert der Wind pro Satz 162 Kilogrm. Sauerstoff (26,5 Vol. Sauerstoff auf 100 Vol. Stickstoff vorausgesetzt). Mithin haben die Kohlen bei der Tiefe von 1,92 Meter die Hälfte ihrer gasförmigen Bestandtheile verloren. Für directe Reduction sind 20 Kilogrm. Kohlenstoff pro Satz verwendet.

In den Tabellen XI A, B und C sind die Zahlen unter 2, 3 und 4, wie in den vorhergehenden Tabellen nach denjenigen unter 1 berechnet. Rinman selbst giebt etwas abweichende Ziffern an, namentlich in Tabelle XI A. Rubrik V. auf 100 Vol. Stickstoff

1,95 Kohlensäure,
52,00 Kohlenoxyd,
1,25 Wasserstoff,

und in Folge dessen auch einen positiven statt einen negativen Sauerstoffüberschuss; sowie in Tabelle XI C. Rubrik V. auf 100 Vol. Stickstoff

1,60 Kohlensäure,
51,15 Kohlenoxyd,
0,85 Wasserstoff;

und erläutert diese Differenzen dadurch, dass von den unter 1 gegebenen Resultaten eine gewisse Menge atmosphärischer Luft in Abzug gebracht werden müsse, welche wahrscheinlich beim Zuschmelzen in die zur Aufsammlung des Gases dienenden Glasröhren eingedrungen sei. Die Schwierigkeit, die in dieser tiefen Ofenzone unter hohem Drucke stehenden Gase aufzufangen, und die Nothwendigkeit, alle Oeffnungen nur mit feuchtem Thone verschlossen zu halten, entschuldigt hierbei hinlänglich die Gehülfen Rinman's.

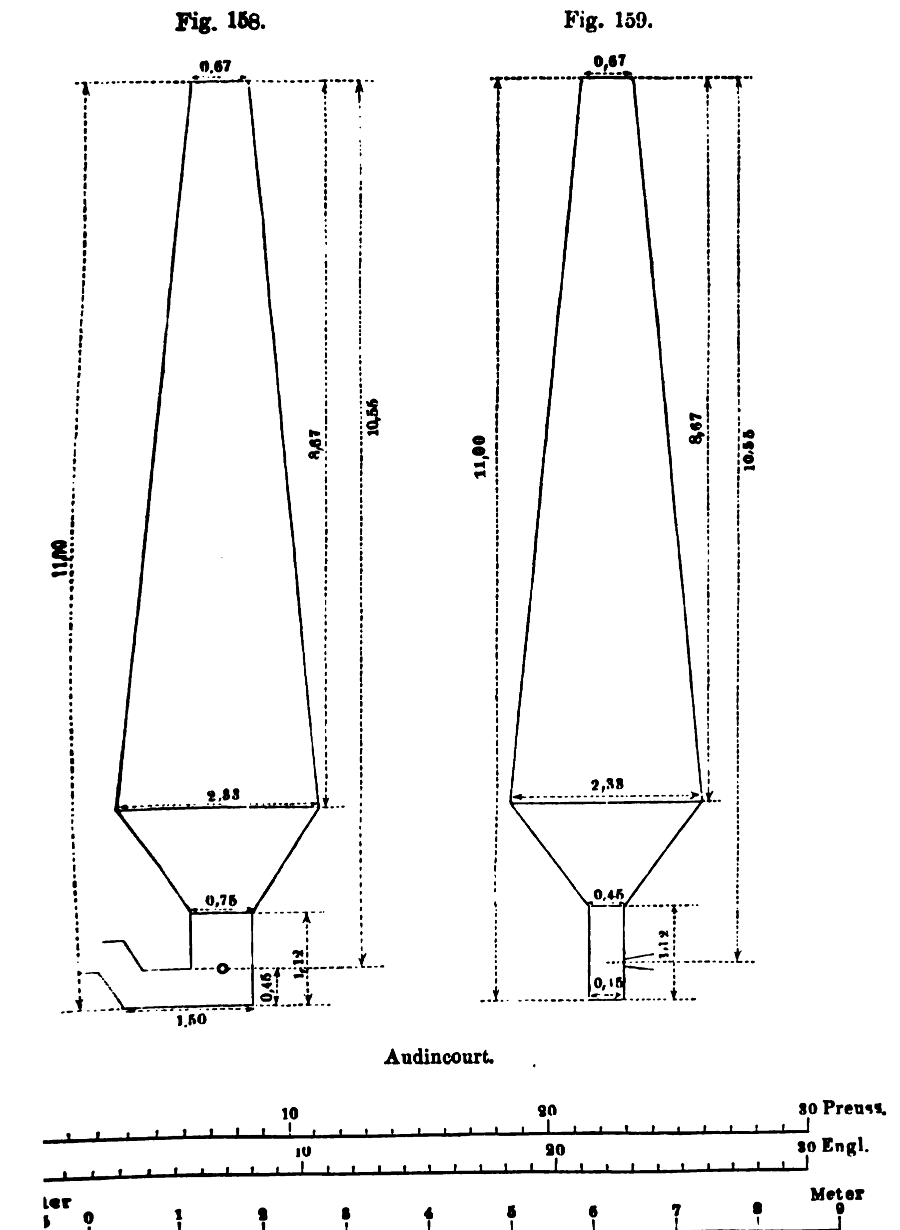
In der Tabelle A zu Seite 273 sind die Mittel aus den drei Beobachtungen zusammengestellt.

b. Mit Holzkohlen und rohem Holze.

Tabelle XII. Audincourt (Frankreich). Die beiden Figuren 158 und 159 zeigen die Dimensionen des Hochofens zu Audincourt. Fig. 158 stellt einen Querschnitt durch den Vorheerd, Fig. 159 einen Querschnitt durch die Form dar.

Der Hochofen arbeitete mit Wind von 250° C. und einer Pressung von 0,070 bis 0,074 Meter Quecksilber. Die Düse hatte einen Querschnitt von 32 Quadratcentimetern. Jeder Satz bestand aus

Fig. 158. Fig. 159.



Audincourt.

92	Kilogrm.	Holzkohle,
115	"	Holz, welches in Stücke von 0,15 Meter Länge geschnitten war,
18	"	Bränden (d. h. halb verkohltem Holze),
33	"	Kalkstein,
77	"	Frischschlacken,
90	"	kalkigen Erzen,
168	"	Bohnerzen.

Der vierte Theil der Holzkohlen wurde von Zeit zu Zeit durch Hinzufügung eines Drittels des obigen Gewichtes an Holz ersetzt; dann wurde der Ofengang hitziger und nach 8 bis 10 Tagen ging man wieder auf den früheren Satz zurück. Es wurde nur weisses Frischereiroheisen dargestellt. Aus jeder Charge erfolgten 114,2 Kilogrm. Roheisen.

Die Beschickung enthielt durchschnittlich

Wasser	9,7	Proc.
Kohlensauren Kalk	22,0	"
Eisenoxyd	26,5	"
Eisenoxydul	15,5	"
Manganoxyd	0,9	"
Kieselsäure	20,0	"
Thonerde	5,4	"
	100,0	Proc.

oder

Metallisches Eisen		30,4	Proc.
Flüchtige Substanzen = 31,0 Proc.	Sauerstoff	11,6	"
	Wasserstoff	9,7	"
	Kohlensäure	9,7	"
Feste Substanzen = 38,6 Proc.	Kieselsäure	20,0	"
	Thonerde	5,4	"
	Kalk	12,3	"
	Manganoxydul	0,9	"
		100,0	Proc.

Die Temperatur war in allen höheren Regionen des Ofens sehr niedrig, so dass Holzstücke bei $1^3/_4$stündigem Verweilen in einer Tiefe von 3 Metern beim Herausnehmen genau dasselbe Aussehen zeigten, als beim Hineinstecken; Holz dagegen, welches $3^1/_4$ Stunde in einer Tiefe von 4 Metern verweilt hatte, war vollständig verkohlt. Die Gasanalysen zeigen ebenfalls, dass sich zwischen 3 und 4,33 Meter Tiefe das Wasser mit den übrigen Destillationsproducten des Holzes entfernt. Die Gase wurden in ähnlicher Weise aufgefangen, wie bei den von Ebelmen am Hochofen zu Clerval angestellten Versuchen.

In der Höhe der Form wurden mehrere Gasproben aus verschiedenen Theilen des Ofens entnommen, deren Resultate in der folgenden Tabelle in Volumprocenten zusammengestellt sind:

	a	*b*	*c*	*d*	*e*
Kohlensäure . . .	0,0	0,0	3,37	6,34	2,61
Kohlenoxyd . . .	48,52	47,08	—	—	29,05
Wasserstoff	0,90	1,30	—	—	1,06
Stickstoff	50,58	51,62	79,20	79,20	67,28
Sauerstoff	—	—	17,43	14,46	—

Gas *a* ist aus der der Form gegenüberliegenden Seite, *b* von der ückwand entnommen, *c* und *d* von der Form selbst und zwar *c* durch inführung eines Rohres auf 0,10 Meter und *d* ebenso durch Einführung ines Rohres auf 0,15 Meter Tiefe durch die Form, *e* endlich durch Einührung eines Rohres unmittelbar neben der Form.

Das Gas Nro. II. enthielt eine grosse Menge der Destillationsproducte es Holzes, während bei Nro. III. weder Wasser noch Theer in den Glasöhren abgesetzt wurde. Gas Nro. VIII. brannte mit weisser Flamme nd hatte denselben unangenehmen Geruch wie das aus der Rast des fens von Clerval. Die Gase aus höheren Regionen brannten mit blauer lamme.

B. Hochöfen mit Koks betrieben.

Tabelle XIII. Vienne (Frankreich). Der Hochofen zu Vienne atte die Dimensionen der Fig. 160 (a. f. S.). Der Hochofen wurde durch wei Düsen von 0,061 Meter Durchmesser und Formen von 0,067 Meter urchmesser mit Wind von 220 bis 250° C. und 0,04 Meter Quecksilber ressung versorgt.

Die Gicht war zusammengesetzt aus

232,0	Kilogrm.	Koks,
112,5	„	geröstetem Spath- und Brauneisenstein (Voulte),
125,0	„	rohem oolithischem Brauneisenstein (St. Quentin),
25,0	„	Bohnerzen (Autrey),
12,5	„	Kalkstein.

Auf 100 Kilogrm. graues Giessereiroheisen wurden verbraucht

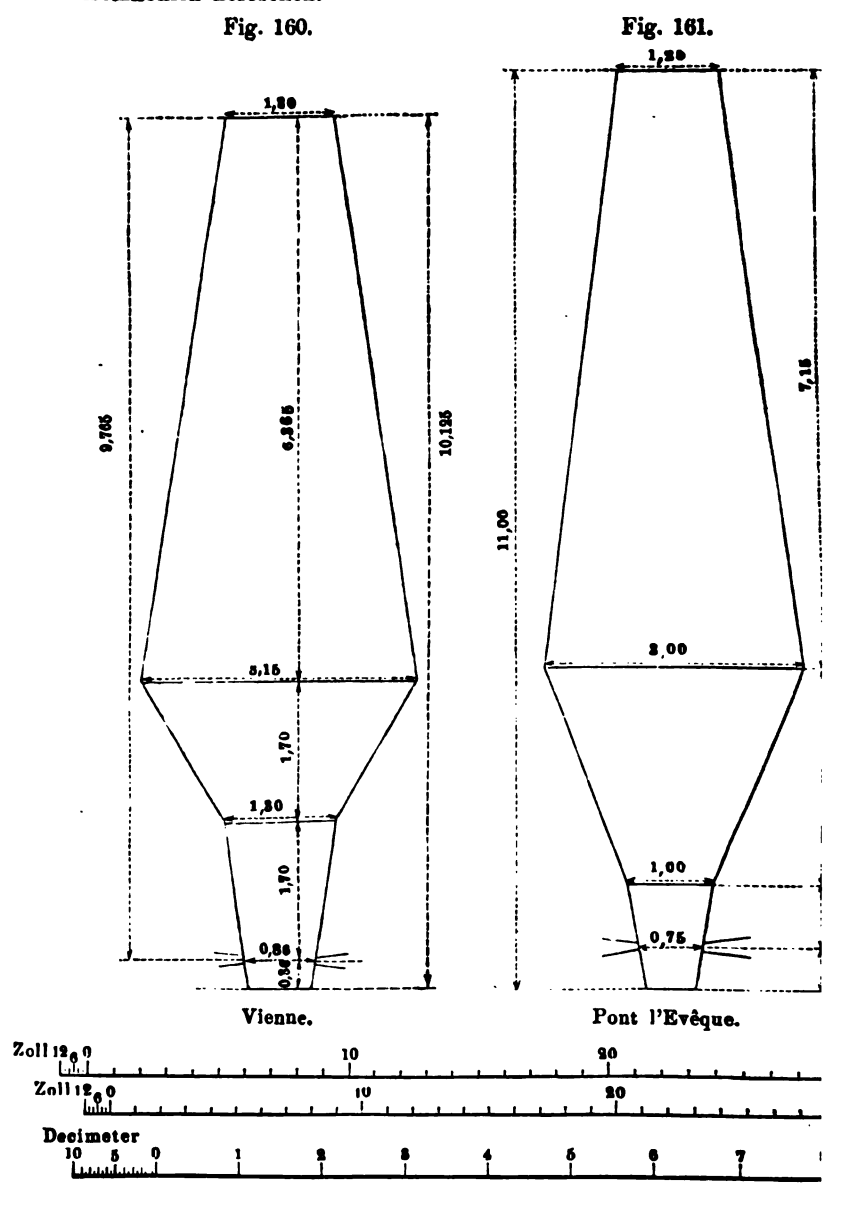
285	Kilogrm.	Koks,
344,09	„	Erz,
25,33	„	Kalkstein.

In 24 Stunden gingen 53 Gichten durch. Das Gas wurde durch ei Oeffnungen 1 Meter unterhalb der Gicht abgefangen und zur Windhitzung benutzt. Das Gas Nr. II. ward an dieser Stelle entnommen.

Aus einem Vergleich dieser Resultate mit den Analysen der Holzhlenhochöfen schliesst Ebelmen, dass die Verschiedenheit beider sich

wesentlich in der oberen Hälfte des Hochofens kundgebe, da bei Holzkohlenöfen die Reduction hauptsächlich in der untersten Abth der oberen Ofenhälfte, bei den Koksöfen dagegen in der obersten A lung derselben verlaufe. Der Autor schreibt dies den verschiedenen peraturen zu, welche in denselben Zonen bei Anwendung von Kok Holzkohlen herrschen.

Fig. 160. Fig. 161.



Vienne. Pont l'Evêque.

Tabelle XIV. Pont l'Evêque (Frankreich). Der Hochofen zu
nt l'Evêque hatte die Dimensionen von Fig. 161. Er wurde durch
ei Düsen von 0,067 Meter Diameter und Formen von 0,072 Meter
ameter mit Wind von 130° C. und 0,026 bis 0,030 Meter Quecksilber
essung gespeist.

Die Gase, welche theils zur Winderhitzung, theils zum Feinen des
isens benutzt wurden, entzog man 3,65 Meter tief unter der Gicht.

Die Gicht bestand aus

253 Kilogrm. Erz (meist geröstetem oolithischem Brauneisenstein von St. Quentin),
150 „ Koks

nd lieferte 75 Kilogrm. oder 30 Proc. Roheisen.

In 24 Stunden gingen 48 Gichten durch.

Man suchte in den Gasen nach Schwefel, konnte aber nur unbe-
immbare Mengen davon nachweisen. Ebelmen spricht die Vermuthung
us, dass nur in der Nähe der Formen der Schwefel durch Zersetzung
ls Schwefelwasserstoff, in höheren Regionen aber nur als Schwefelkoh-
nstoff auftritt.

Tabelle XV. Seraing (Belgien). Das Gas des mit Koks betrie-
enen Hochofens Nro. 6 zu Seraing bei Lüttig wurde im September 1848
ntnommen. Die Dimensionen des Ofens waren die von Fig. 162 [1])
.f.S.). Der Ofen hatte zwei Formen. Es wurden pr. Minute 122 Cubik-
eter Luft, von 0,05 Meter Quecksilber und einer Temperatur von 100° C.
ngeblasen.

Die Gicht bestand aus

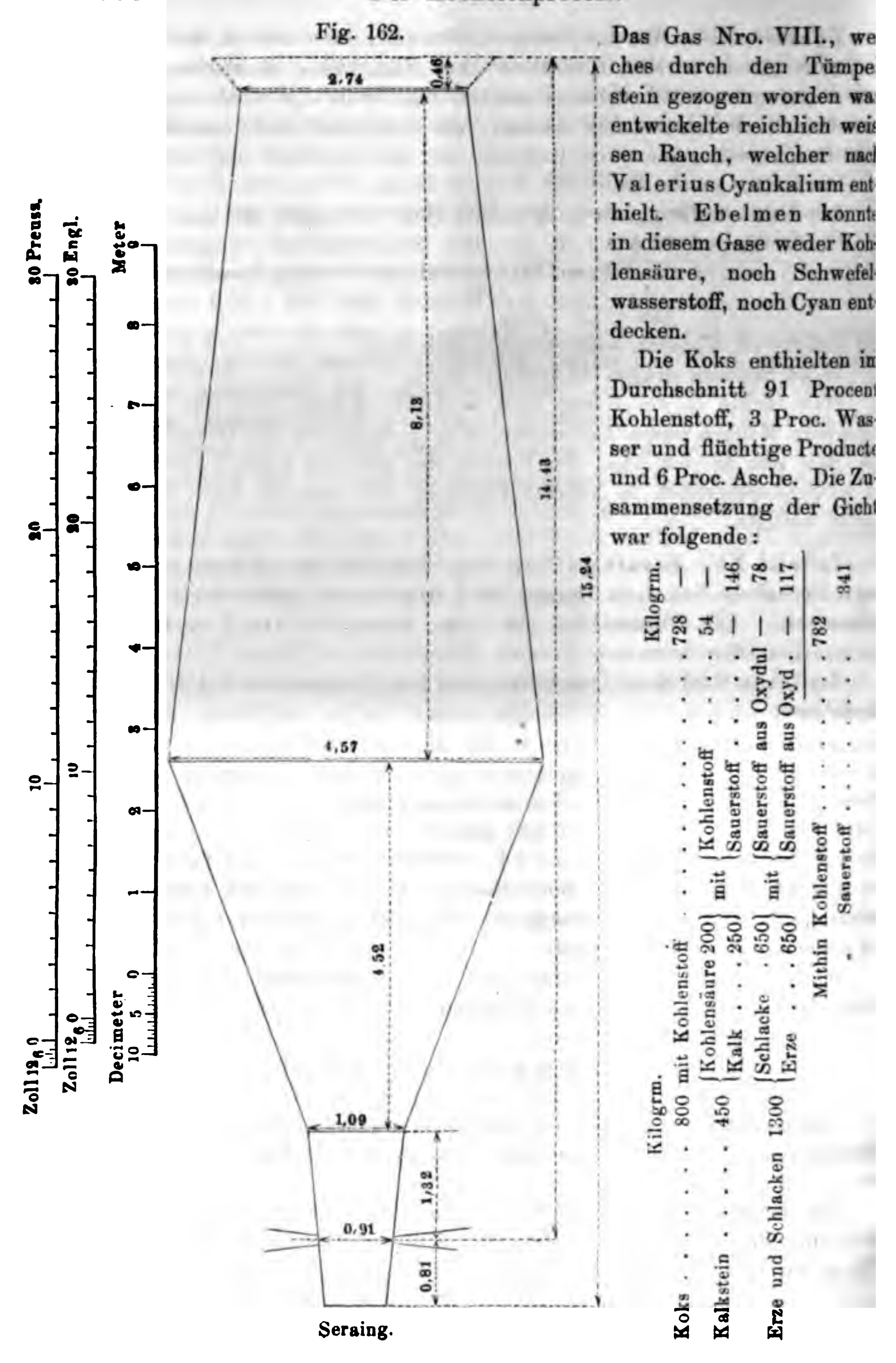
650 Kilogrm. rohem Erz,
650 „ Schweissofenschlacken,
450 „ Kalkstein,
800 „ (= 2 Cubikmeter) Koks.

Alle 12 Stunden wurden 8500 Kilogrm. weisses, schwach krystalli-
sches, ohne weitere Vorbereitung zum Verpuddeln geeignetes Roheisen
gestochen. Die Erze enthielten 42 Proc. Eisen. Auf 100 Kilogrm.
heisen wurden 150 Kilogrm. Koks mit 133 Proc. Kohlenstoff verbraucht.
trieb man den Ofen auf graues Roheisen, so verbrauchte man 180 bis
0 Kilogrm. Koks auf 100 Kilogrm. Roheisen.

Das Gas Nro. VIII. wurde aus einer Oeffnung in dem Ofengemäuer
halten, alle anderen Gase sammelte man vermittelst eiserner, durch die
cht eingesenkter Röhren von 0,03 Meter Durchmesser. Das Gas Nro. IV.
zündete sich freiwillig an der Luft und brannte mit bläulicher Flamme.

---

[1]) Das Original, Annal. des mines, IV. sér. t. XIX. giebt als Gesammthöhe
Ofens = 50 Fuss engl. oder 15,239 Meter an, während die Summe der eben-
elbst aufgeführten Einzelndimensionen nur 48 Fuss 6 Zoll engl. beträgt. Man
n annehmen, dass sich auf der Gicht noch ein Schüttkranz von 1 Fuss 6 Zoll
unden habe, welcher bald in Rechnung gezogen, bald ausser Rechnung gelassen
rden ist.



Das Gas Nro. VIII., we ches durch den Tümpe stein gezogen worden wa entwickelte reichlich weis sen Rauch, welcher nac Valerius Cyankalium ent hielt. Ebelmen konnt in diesem Gase weder Koh lensäure, noch Schwefel wasserstoff, noch Cyan ent decken.

Die Koks enthielten im Durchschnitt 91 Procent Kohlenstoff, 3 Proc. Wasser und flüchtige Producte und 6 Proc. Asche. Die Zusammensetzung der Gicht war folgende:

	Kilogrm.			Kilogrm.	
Koks	800	mit Kohlenstoff		728	—
Kalkstein	450	Kohlensäure 200 / Kalk 250	mit Kohlenstoff	54	—
			Sauerstoff	—	146
Erze und Schlacken	1300	Schlacke 650 / Erze 650	mit Sauerstoff aus Oxydul	—	78
			Sauerstoff aus Oxyd	—	117
			Mithin Kohlenstoff	782	
			„ Sauerstoff		341

Ebelmen bemerkt, dass, wenn die Analysen der Gase von der Gicht
Ofens deren wirkliche mittlere Zusammensetzung darstellten, die
›en angegebenen Gewichtsmengen des Sauerstoffs und Kohlenstoffs in
ıselben Verhältniss stehen müssten, wie Kohlenstoff und Sauerstoff in
en Gasen, wenn man von letzteren die dem Stickstoff der Luft ent-
echende Menge abzieht.

Die Sauerstoffmenge in den analysirten Gichtgasen ist nun 45,0.
iht man hiervon 26,5, d. h. die dem Stickstoffgehalt entsprechende
nge ab, so bleiben 18,5 und das Verhältniss zwischen Sauerstoff und
hlenstoff ist also 18,5 : 35,2 dem Volumen und 18,5 : 26,4 dem Ge-
hte nach, d. h. etwa = 3 : 4, während es nach den oben gegebenen
ern unter 1 : 2 sein sollte. Ebelmen schliesst hieraus, dass die
lysen nicht die mittlere Zusammensetzung des Gasstromes an der
t ausdrückten. Der Querschnitt, in welchem das Gas entzogen wurde,
ug allerdings von dem Gesammtquerschnitt des Ofens an dieser Stelle
0,0001 und da die Geschwindigkeit der Gase an den Wänden und
er Mitte verschieden ist, wird auch die Zusammensetzung in den ver-
denen Theilen differiren. Anders war es bei den Gasanalysen von
val und Audincourt, wo das Verhältniss des Querschnitts = $^1/_{30}$
und bei der Geschwindigkeit, mit welcher die Gase überall ent-
en, eine grosse Verschiedenheit in der Zusammensetzung nicht an-
mmen werden konnte.

Der Experimentator kommt ferner zu dem Schlusse, dass die freien
le des Eisens sich bereits in den oberen Theilen des Ofens, die an
elsäure gebundenen aber erst in den untersten Theilen, d. h. da re-
ren, wo in Folge hoher Temperatur alle gebildete Kohlensäure sofort
er in Kohlenoxyd übergeführt werde, eine Zone, welche bei den mit
betriebenen Hochöfen eine viel grössere Ausdehnung habe, als bei
mit Holzkohlen betriebenen. Ebenso liege die Zone der Reduction
h Kohlenoxyd (welches nicht wieder reducirt wird) viel höher bei
ren, als bei letzteren, und ferner höher bei Anwendung kalten, als
Anwendung warmen Windes.

In der Tabelle A zu Seite 273 sind die mittleren Zahlen eingeführt,
mehrere Untersuchungen aus derselben Tiefe vorlagen.

C. Hochofen mit Steinkohlen betrieben.

Tabelle XVI. Alfreton (England). Der Hochofen der Oakes-
nhütte zu Alfreton in Derbyshire, von welcher die Gase entnommen
len, ist in Fig. 163 (a. f. S.) dargestellt.

Der Durchmesser der Düsen war 29,1 Linien (0,063 Meter), der Wind
eine Pressung von 6,55 Zoll (0,171 Meter) Quecksilber und eine
peratur von 330° C. Das Brennmaterial bestand aus roher Kohle,
he nach der Verkokung etwa 67¼ Proc. Koks gab. Das Erz war
steter Sphärosiderit, der Zuschlag Kalkstein. Der letztere wurde in

faustgrosse Stücke zerkleinert, wogegen Kohle und Eisensteine in grossen Klumpen von oft mehr als 20 Pfd. aufgegeben wurden.

Fig. 163.

Alfreton.

Die Zusammensetzung von Kohle, geröstetem Erz und Kalkstein war folgende:

Kohle.

Kohlenstoff	74,98
Wasserstoff	4,73
Sauerstoff	10,01
Stickstoff	0,18
Wasser	7,49
Silicate	2,61
Kali	0,07
	100,07

Geröstetes Erz.

Kieselsäure . . .	25,77
Eisenoxyd[1]) . . .	60,24
Thonerde	6,58
Kalk	3,51
Magnesia	3,19
Kali	0,71
Mangan	Spuren
	100,00

Kalkstein.

Kalk	54,4
Magnesia	0,6
Thonerde	0,8
Kohlensäure . . .	42,9
Feuchtigkeit und Verlust	1,3
	100,0

Zu 100 Pfd. Roheisen waren 278,5 Pfd. Kohle, 300 Pfd. geröstetes Erz und 121,4 Pfd. Kalkstein erforderlich. In 24 Stunden wurden 32630 Pfd. (16 315 Kilogrm.) Erze und 30299 Pfd. (15149,5 Kilogrm.) Kohle durchgesetzt.

Die Gase wurden vermittelst eines Systems schmiedeiserner Röhren von 25¼ Fuss (7,924 Meter) Länge und 11⅔ Linien (0,025 Meter) Durch-

1) Unter der allerdings nur theilweise richtigen Annahme, dass beim Rösten alles Oxydul in Oxyd übergegangen sei.

ser, welche man durch die Gicht einsenkte und deren einzelne 4 Fuss Zoll (1,524 Meter) lange Stücke luftdicht mit einander verschraubt en, aufgefangen. In der Schmelzzone, wo die Temperatur so hoch , dass die Röhren schmolzen, musste man das Gas durch das Mauer-k (den Tümpelstein) entziehen.

Das Gas Nro. I. hatte einen eigenthümlichen Geruch, verschieden dem des Leuchtgases und mehr dem Acrolein gleich, brannte mit blich rother Flamme und zeigte keine braunen Theerdämpfe. Bevor s Gas Nro. II. gesammelt wurde, war das Gebläse eine Stunde lang sser Thätigkeit gewesen, aber bereits wieder eine Zeit hindurch in higem Gange. Flamme und Geruch dieses Gases glichen denen des rigen. Es waren 14 Gichten gesetzt. Gas Nro. III. war von Theer-mpfen begleitet und hatte den Geruch nach Leuchtgas. Die Flamme r hellgelb und stark leuchtend. Es waren 23 Gichten gesetzt.

Das Gas Nro. IV. zeigte einen ammoniakalischen, theerähnlichen ruch; Theerdämpfe waren sichtbar; die Flamme war gelb, aber nur wach leuchtend. 26 Gichten waren gesetzt.

Das Gas Nro. V. hatte einen besonderen theerähnlichen Geruch; es igten sich aber keine Theerdämpfe, die Flamme war gelb und schwach ichtend. 32 Gichten waren gesetzt.

Das Gas Nro. VI. hatte einen ammoniakalischen Geruch und brannte it einer hellblauen Flamme, Theerdämpfe zeigten sich nicht. 38 Gich-n waren gesetzt.

Das Gas Nro. VII. hatte einen schwachen, aber entschiedenen Geruch ch Cyan und brannte mit einer blassblauen Flamme ohne Leuchtkraft. heerdämpfe zeigten sich nicht. 42 Gichten waren aufgegeben worden.

Das Gas Nro. VIII. hatte dieselben Eigenschaften wie Gas Nro. VII.

Das Gas Nro. IX. war 5 Fuss 10 Zoll (1,829 Meter) über dem Boden-ein und 2 Fuss 8 Zoll (0,838 Meter) über der Form gesammelt. Cyan b sich durch den Geruch und die purpurrothe Farbe der Flamme kund. re Sumpfgas an Stelle von Cyan gegenwärtig gewesen, so würde die alyse folgende Daten gegeben haben:

Stickstoff	59,39
Kohlenoxyd	38,33
Sumpfgas	1,79
Wasserstoff	0,49
	100,00.

Aber es wurde angenommen, dass Sumpfgas in diesem Theile des as nicht bestehen konnte, weil dasselbe nur aus der trockenen Destil-on der Kohle hätte hervorgehen können, diese aber schon in höheren en des Ofens vollendet sein musste. Indessen wurden ungefähr 9 Fuss Zoll (3,048 Meter) über dem Bodenstein, also etwa 28 Fuss 2 Zoll 39 Meter) unter der Gicht des Ofens 2,33 Proc. Sumpfgas gefunden, dies beweist, dass die Verkokung der Kohle selbst noch bei dieser fe fortdauert. Die Annahme der Abwesenheit von Sumpfgas in dem

Gase Nro. IX. ist zwar sehr wahrscheinlich, aber keineswegs sicher. I
merhin darf man als bestimmt annehmen, dass, wenn Sumpfgas vorh
den ist, dies nicht etwa von Wasserzersetzung durch die glühende Ko
herrührt, denn Bunsen hat bewiesen, dass Sumpfgas sich niemals du
directe Verbindung von Wasserstoff mit Kohlenstoff bilden kann, so
durch Einwirkung von Wasserdampf auf glühende Kohle, bei welch
stets freier Wasserstoff entsteht.

Bunsen und Playfair zogen den Schluss, dass die Destillation d
Kohle zwar bis über die Tiefe von 7,31 Meter hinabreichte, am energisc
sten aber bei einer Tiefe von 4,27 Meter gewesen sei, weil das Ga
gemenge hier das Maximum von ölbildendem und Sumpfgas, sowie Wa
serstoff zeigte. Sie bemerken, die Gegenwart von Theerdämpfen in d
Tiefe von 4,27 Meter und selbst noch 5,18 Meter und deren Abwesenh
im oberen Theile des Ofens sei ein Beweis, dass dieselben eine Zersetzu
bei ihrem Durchgange durch die darüber liegende rothglühende Koh
erlitten. Das in diesen Dämpfen enthaltene Wasser muss in ähnlich
Weise zersetzt werden, und diese Thatsache wird als Erklärung für d
Unregelmässigkeit in den Verhältnissen zwischen Kohlensäure und Ko
lenoxyd in den verschiedenen Ofentiefen angenommen.

Die auffallende Erscheinung, dass das Verhältniss des Sauerstoffs i
den Gasen nach der Gicht hin im Abnehmen begriffen sei, erklären d
Experimentatoren dadurch, dass die durch Destillation der Steinkoh
entwickelten Gase nicht sogleich im Augenblicke, wo sie frei werden, si
gleichförmig mit der von den unteren Theilen des Ofens aufsteigend
Gassäule mengen, und das aufgefangene Gas daher leicht reicher an d
sen Destillationsproducten sein kann.

Ferner wird aus den mitgetheilten Analysen der Schluss gezog
dass bei den mit Steinkohlen und heissem Winde betriebenen Hoch
die Reduction des Erzes und die Abscheidung der Kohlensäure aus d
Kalkstein erst in der Rast des Ofens vor sich gehe.

Vorkommen von Cyan [1]) im Hochofen.

Bereits im Jahre 1826 wurde von Berthier das Vorkommen v
kohlensaurem Kali in den untersten und heissesten Theilen des Hoch
beobachtet [2]). Derselbe analysirte eine alkalische schlackige Subst
welche sich Tag für Tag über dem Abstich der Hochöfen von Mert
Tydvil in Süd-Wales absetzte, und welche die Arbeiter von Zeit zu
sammelten, um daraus Lauge zu machen. Berthier beschreibt sie
zusammengesetzt aus kleinen, schlackenartigen, schwarzen, magneti
Stücken, welche mit einer zerfliessenden, stark alkalischen Masse be
det waren und zwischen welchen sich warzige Schlackenkörner beme

---

[1]) Cyan besteht aus 46,15 Proc. Kohlenstoff und 53,85 Proc. Stickst
[2]) Annal. des Mines I, S. 13. p. 101. 1826.

liessen. Die Substanz bestand aus 38,5 Proc. löslicher Salze und 61,5 Proc. unlöslichen Rückstandes und ergab folgende Zusammensetzung:

Lösliche Salze.

Kohlensaures Kali	63
Schwefelsaures Kali	37
Kieselsäure	Spur
	100.

Weder Chlor noch Phosphorsäure wurden gefunden.

Unlöslicher Rückstand.

Kieselsäure	34,3
Eisenoxydul	26,0
Thonerde	4,0
Kalk	5,2
Kali	20,5
Beigemengte Schlacke	10,0
	100,00.

Berthier schloss richtig, dass das Alkali aus dem Eisenstein (welcher in Sphärosiderit aus dem Kohlengebirge bestand) und aus der Asche der Koks stammt und nahm an, dass es zuerst in Verbindung mit der Schlacke trete, beim Vorübergang vor den Formen verflüchtigt werde und so aus dem Stichloch hervordringe. Berthier dachte nicht daran, die Substanz auf Cyan zu untersuchen, obwohl sie wahrscheinlich Cyankalium oder cyansaures Kali enthielt. Erst nach einer Reihe von Jahren wandte man von Neuem die Aufmerksamkeit auf diese Masse, welche sich ebenso an den schottischen Hochöfen zeigte und in ähnlicher Weise von den Arbeitern benutzt wurde.

1835 nahm John Dawes, früher zu Bromford-Eisenhütte bei Birmingham, ein Patent auf Verbesserungen bei der Eisenerzeugung, worin das Aufsammeln von Cyankalium aus Eisenhochöfen vermittelst einer nahe den Formen in den Ofen gesteckten Röhre eingeschlossen war [1]).

Die Bildung dieser Substanz konnte nicht auffallen, nachdem schon 1826 Desfosses das Factum veröffentlicht hatte, dass Cyankalium in nur bedeutenden Mengen producirt würde, wenn Stickstoff über zur Rothglut erhitzte Holzkohle geleitet werde [2]). Man hatte zwar mancherlei Zweifel an der Wahrheit dieser Behauptung gehegt, weil, wie man meinte, die Holzkohle, mit der experimentirt worden war, nicht frei von Stickstoff gewesen zu sein brauche; aber mehrere Jahre später wiederholte Downes das Experiment von Desfosses, ersetzte indessen dabei die Holzkohle durch Zuckerkohle, und da er trotzdem Cyankalium erhielt, so

---

[1]) A. D. 1835. Decemb. 9. Nro. 6948. Abridgements of Specifications relating to the Manufacture of Iron and Steel, p. 39. — [2]) Annal. de Chim. et de Phys. ... p. 158. 1826. (Aus dem Journ. de Pharmacie t. XII.).

ward seitdem die ursprüngliche Angabe von Desfosses als zweifellos trachtet.

1837 übersendete Thomas Clark auf dem Eisenwerke zu Cl in Schottland an Professor Poggendorf zu Berlin einen Artikel, wel letzterer in seinen Annalen für Physik und Chemie [1]) abdruckte un dem sich folgende Mittheilungen über Cyankalium finden, welche muthlich im Zusammenhang mit dem Patente des J. Dawes stehen:

„Seit drei Jahren hat man an den mit heisser Luft gespeisten Hö öfen aus Rissen und in der Nähe der Formen ein Salz in flüssiger Ges ausschwitzen gesehen, welches klar und farblos, beim Erstarren undu sichtig weiss wurde. Am reichlichsten kommt es nach einer sogenann Reinigung (*scour*) des Ofens vor, d. h. nachdem bei leichten Gichten e höhere Temperatur und Ablösung der an der Innenwand angesetz Massen stattgefunden hat. Einmal konnte man eine ganze Schubka damit beladen.“

„Das Product besteht aus Cyankalium, kohlensaurem Kali u etwas kohlensaurem Natron. Das Cyankalium beträgt zuweilen mehr 66 Procent. In einer genau analysirten Probe fanden sich

53,7 Procent Cyankalium,
45,8 „ kohlensaures Kali.“

Ein ähnliches Product, wenn auch in geringerer Menge, fand Cla an anderen schottischen Hochöfen, wo heisse Luft und Steinkohle Brennmaterial benutzt wurden.

Man hatte es zum Reinigen der Wäsche benutzt, doch schlug Cla wegen seiner Giftigkeit die bessere Verwendung zur Blutlaugens fabrikation vor.

1842 veröffentlichten Zinken und Bromeis eine Notiz über Vorkommen von Cyankalium in dem Eisenhochofen zu Mägdespru welcher ausgeblasen worden war und in welchem man während des triebes Holzkohlen als Brennmaterial gebraucht hatte [2]). Es wurde Gestell eine Menge Holzkohle gefunden, welche mit metallischem und Salzsubstanz imprägnirt war. Man liess die Substanz vier Monate Wasser liegen, nach welcher Zeit sie ganz zersetzt war, eine gallertart Masse mit vierseitigen tafelförmigen Krystallen bildete und stark Ammoniak roch.

Bromeis analysirte diese Masse und fand darin freies Kali, koh saures, kieselsaures, mangansaures und cyansaures Kali, Cyankalium Eisencyankalium, welches letztere die erwähnten Krystalle bildet. Analyse der letzteren ergab

[1]) XL, p. 315. — [2]) Ueber die Bildung von Cyanverbindungen in den ducten des Mägdesprunger Hochofens; vom Oberbergrath Zinken zu Mägdes und Dr. C. Bromeis zu Cassel, Poggend. Annal. 55. S. 89. 1842.

Eisen	= 12,40
Kalium	= 37,40
Cyan	= 37,30
Wasser	= 12,80.

Bromeis schloss, dass die Bildung des Cyans dadurch zu erklären ei, dass der Stickstoff der Luft, begünstigt durch Druck und äusserst ohe Temperatur, sich direct mit dem Kohlenstoff des gebildeten Kohlenaliums vereinigt habe und dass so Cyan und Cyankalium gebildet woren seien.

1843 veröffentlichte Redtenbacher einen Bericht über die Bildung von Cyankalium in beträchtlicher Menge beim Hochofen zu Mariazell in Steiermark [1]). Derselbe war als Blauofen zugestellt und arbeitete mit eissem Winde, dessen Temperatur zuweilen auf 350° stieg. Man erhielt ei diesem Ofen drei Salze, welche als weisses, schwarzes und graues Salz ezeichnet wurden. In der Brust des Ofens befand sich ein Lichtloch, urch welches man während der Nacht die Flamme zur Erleuchtung der ütte entweichen liess. Das weisse Salz sammelte sich unterhalb des chtloches, wo es zu Tropfen erstarrte. Das schwarze Salz wurde in n Röhren abgesetzt, welche das Gichtgas ableiteten, und erschien als s Resultat der Condensation eines blauen Dampfes, welcher aus der cht bei Anwendung heissen Gebläsewindes entwich. Das graue Salz d sich über dem Lichtloche.

Das weisse Salz wurde, nachdem es in einem Porcellantiegel gemolzen war, technisch zur galvanischen Vergoldung verwerthet. Es r eine hell-gelblich-röthliche, nierenförmige Salzmasse in steinigen Tropfen. Die Analyse ergab kein Chlor, dagegen alle Eigenaften einer Mischung von Cyankalium und cyansaurem Kali. Es war runreinigt durch metallisches und kohlenstoffhaltiges Eisen, Holzhlenpulver und kohlensaures Kali. Das schwarze sowohl als das graue lz unterschied sich vom weissen nur durch grösseren Gehalt an frember Substanz.

Bunsen und Playfair fanden, wie Seite 257 gezeigt wurde, einen trächtlichen Gehalt an Cyan in den Gasen aus dem unteren Theile des t rohen Steinkohlen betriebenen Alfreton-Hochofens; sie sammelten ch Cyankalium aus demselben Ofen in nicht unbedeutender Menge [2]), dem sie eine Oeffnung in die Brust des Ofens $2^2/_3$ Fuss (0,838 Meter) er dem Niveau der Formen bohrten. Gas strömte sofort aus. Zugleich ang eine stark leuchtende, gelbe, flatternde Flamme hervor, aus welcher h eine weisse Rauchsäule erhob. Steckte man ein eisernes Rohr in ese Oeffnung nur so tief ein, dass es nicht bis in den Ofen hineinragte, drangen die unter einer Pressung von mehreren Fussen Wassersäule sströmenden flüchtigen Producte, mit einem weissen Sublimat von Cyan-

---

[1]) Annal. d. Chem. u. Pharm. 47. S. 150. 1843. — [2]) British-Assoc. Rep. ante p. 182.

kalium reichlich beladen, hervor. Sie enthielten so viel von dem let
ren, dass besondere Vorkehrungen getroffen werden mussten, um Ver
tungen zu vermeiden. Obschon das Rohr über 21 Fuss (6,7 Meter) Lä
hatte, so war doch die Menge des aus seiner Mündung in Gestalt e
Sublimates hervordringenden Cyankaliums so gross, dass davon in
kurzer Zeit Röhren von $^1/_8$ Zoll Durchmesser gefüllt wurden. Das f
Ende der Röhre wurde nun mit einer leeren Woulf'schen Flasche, d
mit einer zweiten Wasser enthaltenden verbunden, so dass das Gas e
Wassersäule von 4 Zoll Höhe zu durchdringen hatte. Die erste Fla
füllte sich schnell mit einem weissen Sublimat von trocknem Cyankali
während das Wasser in dem zweiten eine ziemlich concentrirte Lös
desselben enthielt.

Man fand, dass je 359,4 Liter (11,62 Cubikfuss) 0,8944 Gra
(0,0018 Pfund) an Cyankalium enthielten und berechnete, dass annä
rungsweise 100 Theile Steinkohle mindestens 0,778 Theile dieses Sal
hervorbrachten und in dem Alfreton-Ofen täglich mindestens 203,8 P
(101,9 Kilogrm.) Cyankalium erzeugt wurden, da in 24 Stunden 283
Pfd. (14152,5 Kilogrm.) Kohlen verbrannten.

Als man das eiserne Rohr aus dem Ofen zog, fand es sich mit ei
Kruste von geschmolzenem Cyankalium, welches schnell an der Luft z
floss, überzogen. Bei dem Eintauchen des Rohres in Wasser entwick
sich eine beträchtliche Menge Wasserstoff, welche man der Gegenw
von Kalium oder dessen Verbindung mit Kohlenoxyd zuschrieb. Im
neren des Rohres hatte sich drei- bis viermal so viel Cyankalium al
den Woulf'schen Flaschen condensirt. Der Ursprung des Kaliums li
sich leicht nachweisen: Sowohl das Eisenerz als die Kohle enthielt
während der Zuschlagskalkstein frei davon war.

Was nun den Ursprung des Cyans anbetrifft, so nehmen Bun
und Playfair an, dass, obschon Cyanammonium sich bekanntlich lei
beim Contacte von Ammoniak mit Kohlenstoff bei höher Temperatur
zeugt, das Cyan dieser Reaction seinen Ursprung nicht verdanken kön
da die einzige Quelle des Ammoniaks (wenn man von der äusserst
ringen Menge, welche durch die atmosphärische Luft eingeführt w
absieht) in der Kohle liege, das Cyan aber nur in dem untersten
heissesten Theile des Hochofens gebildet werde.

„Es würde eine Ungereimtheit in sich schliessen, sagen sie, anzu
men, dass die Kohlen, welche, ehe sie bis zu diesem Punkte gelan
während einer Zeit von achtzig Stunden einer zuletzt sogar bis
Reductionstemperatur des Kaliums sich steigernden Glühhitze ausge
waren, auch nur die geringsten Spuren von Ammoniak noch auszug
im Stande sein könnten." Sie gelangen daher zu dem Schlusse, dass
Stickstoff des eingeblasenen Windes sich direct mit dem Kohlenstof
Gegenwart von Kalium zu Cyan verbinde.

Die beiden Analytiker bewiesen durch directe Experimente,
Cyankalium in reichlicher Menge bildet, wenn Stickstoff, frei

ler Spur Ammoniak, über eine Mischung von Zuckerkohle und chemisch inem kohlensauren Kali geleitet wird. Die Temperatur muss hierbei arke Weissglühhitze sein, damit das Kali zu Kalium reducirt werden ann. Spätere Versuche von Rieken[1]) haben das vollkommen bestätigt.

Cyankalium wird von Bunsen und Playfair als ein wichtiges gens für die Reduction des Eisenoxydes betrachtet. „Von grossem Einuss auf die Rolle, welche dasselbe bei dem Reductionsprocesse des Eisens pielt, sagen sie, ist dessen Flüchtigkeit. In Dampfgestalt und als festes ublimat gelangt es in die Zone der Reduction. Dort übt es seine bekannte reducirende Wirkung aus und wird in Stickstoff, Kohlensäure und kohlensaures Kali zerlegt, von denen die ersteren mit der aufsteigenden Gassäule zur Gicht gelangen, während das letztere nicht flüchtige alz wieder mit den übrigen festen Substanzen im Ofen niedersinkt, um ndlich von Neuem unter dem Einfluss von Kohlenstoff und Stickstoff in yankalium umgewandelt zu werden. Auf diese Weise kann eine grosse enge Erz durch eine verhältnissmässig geringe Menge der regenerirten anverbindung reducirt werden. Man wird die Wichtigkeit der bisher nz übersehenen Rolle, welche das Cyankalium bei dem Hochofenprocesse ielt, ermessen können, wenn man erwägt, dass sich dieses kräftige Rectionsmittel nothwendigerweise im Ofen bis zu einer Menge anhäufen uss, welche nichts weniger als geringfügig ist. Der Querschnitt des ens, wo die höchste Temperatur herrscht, bildet nämlich eine Schranke, ter welche hinab das Cyankalium nicht eher in den tieferen Theil des ens gelangen kann, bis seine Masse durch das stets hinzukommende ali der Ofenmaterialien so weit angewachsen ist, dass sich der noch rner hinzukommende Ueberschuss an Cyankalium der Verflüchtigung tzieht. Was dann weiter noch an Cyankalium entsteht, gelangt in den eferen Theil des Gestelles und verbrennt daselbst zu Kohlensäure, Stickoff und kohlensaurem Kali, dessen Basis sich in der Schlacke wiederndet. Da nun das Verhältniss des Stickstoffs zum Sauerstoff in den asen (vergl. S. 233 Tabelle XVI.) circa 2 Fuss über den Formen = 79,2 22,8 ist, wenn man den dem vorhandenen Wasserstoff entsprechenden auerstoff abgezogen hat, während, wenn das hier vorhandene Gas nur en dem Sauerstoff der Luft entsprechenden Stickstoff enthielte, das Verältniss = 79,2 : 20,8 sein müsste, so folgt, dass diese Gase entweder nen von der Luft unabhängigen Sauerstoffgehalt aufgenommen haben üssen, oder dass ihnen ein Theil des Stickstoffs entzogen worden ist. ass das Erstere nicht auf Kosten des im kohlensauren Kalk- oder Eisenein enthaltenen Sauerstoffs der Fall gewesen sein kann, wird Niemand zweifeln, der nur einmal die Temperatur zu beobachten Gelegenheit habt hat, mit welcher die Ofenmaterialien an den Punkt gelangen, wo eses Gasgemenge auftritt. Schon der unmittelbare Augenschein lehrt, ss eine solche Erklärung eine durchaus irrige sein würde. Denn beob-

[1]) Annal. d. Chem. u. Pharm. Bd. 79, S. 77.

achtet man durch die Form die in den Heerd herabträufelnden fl
Ofenmaterialien, so bemerkt man darin keine Gasentwickelung, o
sich dieselben in unmittelbarer Nähe des Punktes befinden, wo die
stoffvermehrung bereits stattgefunden hat. Das Kali, welches
Sauerstoff an den Kohlenstoff während seiner Umwandlung in Cyan
abgiebt, nimmt für jedes Volumen verlorenen Sauerstoffs 2 Volum
stoff in der Form von Cyan auf und folglich muss das Verhältn
Stickstoffs zum Sauerstoff wachsen."

Die enge Begrenzung der Cyankalium enthaltenden Zone wi
wenigstens nicht für alle Fälle bestätigen. Zunächst ist der Grur
welchem das Cyankalium im Falle einer grossen Anhäufung beim
gange der Verflüchtigung entgehen könne, nicht recht einleuchtend.
nämlich, wie anzunehmen, die Verflüchtigung nur von der Tem
abhängt, so muss, falls diese letztere zureichend ist, alles Cyan
verflüchtigt werden, gleichgültig ob viel, ob wenig vorhanden ist
gegen darf man wohl als richtig annehmen, dass stets eine gewisse
Cyankalium mechanisch abwärts geführt und dann der Oxydatio
gesetzt werde.

Ebenso scheint das Cyankalium bei seinem Aufsteigen nicht
lange Zeit der Zersetzung zu entgehen, ja sogar bis zur Gicht zu
gen. Es wurde bereits die Beobachtung Redtenbacher's über
den Leitungsröhren des Gichtgases am Hochofen zu Mariazell v
mende Cyankalium enthaltende schwarze Salz mitgetheilt, und Sche
schliesst ein höheres Vordringen des Cyankaliums aus Beobach
Müller's [2]), welcher fand, dass wenn man bei einem mit kaltem
betriebenen Hochofen die Temperatur des Windes plötzlich auf 2
300° C. bringt, ein heftiges Qualmen des Tümpels und der Gicht
und die Flamme an der letzteren durch das Aufsteigen eines d
weissen Rauches ganz milchig erscheint. Dieser weisse Rauch leg
an kalte Körper in Gestalt eines weissen Pulvers, in welchem nu
und Kohlensäure entdeckt werden konnten, und Scheerer glaubt
men zu dürfen, dass er, wenigstens zum Theil, aus Cyankalium ents
sei. Dies letztere dürfte kein vollständiger Beweis sein, denn e
die Beobachtung darin, ob das kohlensaure Kali erst an der Gic
nicht vielleicht in viel tieferen Ofentheilen gebildet sei. Uebrigen
ist es sehr wahrscheinlich, dass sobald das Cyankalium seine redu
Wirkung ausübt, es unter gleichzeitiger Bildung von Stickstoff un
lenoxyd vollständig zu kohlensaurem Kali oxydirt werde, und dass
derselben Weise auch die vorhandene Kohlensäure zersetzend a
Cyankalium einwirken kann, nur unter besonderen Umständen
kalium zur Gicht gelangt.

Mag auch immerhin das Cyankalium ein wissenschaftlich inte

---

[1]) Metallurgie Bd. II, S. 18. — [2]) Bergwerksfreund Bd. V, S. 285.

Reductionsmittel im Hochofen sein, so ist doch seine praktische Be- utung nicht sehr gross, wie folgende Rechnung zeigt:

Nach den Berechnungen von **Bunsen** und **Playfair** wurden im Al- eton-Ofen, wenn alles Kali der Beschickung zur Bildung von Cyankalium ente, rund 345 Pfd. (172,5 Kilogrm.) Cyankalium in 24 Stunden pro- ucirt und zu gleicher Zeit 30,482 Pfd. (15241 Kilogrm.) Eisenstein wahrscheinlich gerösteter) verschmolzen. Eine Durchschnittsprobe des tzteren ergab 42,2 Proc. metallisches Eisen; vollständige Reduction orausgesetzt, würden 12863,4 Pfd. (6431,7 Kilogrm.) oder 6,3 tons à ton 2032 Pfd. oder 1016 Kilogrm.) reines Eisen oder 6,5 tons = 3208 Pfd. (6604 Kilogrm.) Roheisen in 24 Stunden, pro Stunde also n reinem Eisen 535,97 Pfd. (267,98 Kilogrm.) und pro Minute 8,93 Pfd. 4,46 Kilogrm.) producirt worden sein. Nun war die Menge des pro Stunde erzeugten Cyankaliums 14,36 Pfd. (7,18 Kilogrm.) oder 0,24 Pfd. 0,12 Kilogrm.) pro Minute. 1 Aeq. Cyankalium (K Cy = 65,149 Gewthle.) erfordert 5 Aeq. Sauerstoff (= 40 Gewichtstheile), um den Kohlenstoff in Kohlensäure und das Kalium in Kali zu oxydiren. Daher würde die Menge des pro Minute erzeugten Cyankaliums (0,24 Pfd. = 0,12 Kilogrm.) der Reduction von nur 0,335 Pfd. (0,167 Kilogrm.) reinen Eisens (aus Eisen- xyd) entsprechen, während im Ganzen 8,93 Pfd. (4,46 Kilogrm.) produ- irt wurden, d. h. nur 2,7 Proc.

„Wenn daher," sagt **Percy** [1]), „die Oxydation und Regeneration des yankaliums nicht mit einem kaum glaublichen Grade von Geschwindig- eit stattfand, so ist die Wirksamkeit des Salzes als reducirendes Agens lerdings, wenigstens im Alfreton-Ofen, so unbedeutend gewesen, dass ohl die frühere Vernachlässigung des Factums zu keinen grossen Irr- ümern führen konnte."

Hierzu kommt nun noch, dass wie in der ersten Abtheilung der isenhüttenkunde Seite 133 gezeigt ist, Cyan für sich oder in Verbin- ung mit Alkalien stark kohlend auf metallisches Eisen wirkt. Da nun s Cyankalium jedenfalls früher mit metallischem als mit oxydirtem isen in Berührung kommt, so ist es nicht unwahrscheinlich, dass ein osser Theil desselben bereits zur Roheisenbildung verbraucht und hier- i zersetzt werde und nur der übrig bleibende Theil noch Gelegenheit de, reducirend auf das noch oxydirte Eisen einzuwirken.

Nach dem Bekanntwerden der **Bunsen**'schen Untersuchungen wurde s Cyankalium noch an verschiedenen Hochöfen nachgewiesen. **Eck** [2]) nd es in den mit Koks betriebenen Hochöfen der Königshütte in Ober- hlesien. Er wies nach, dass in den dort verschmolzenen Thoneisen- einen, dem Zuschlagskalk und der Asche der Koks das zur Bildung von yankalium nöthige Kali enthalten sei.

Peters entdeckte es bei westphälischen Kokshochöfen [3]). Er zeigte

[1]) Original S. 451. — [2]) **Karsten**'s Archiv Bd. 24, S. 286. — [3]) Berg- u. ittenmänn. Zeitung. 1858. S. 243.

den Ursprung des Kaliums in der Koksasche und den Silicaten der ver-schmolzenen Kohleneisensteine. Das Cyankalium trat fast chemisch rein als Beschlag am Tümpel auf, wo es sich aus der violetten stark rauchenden Flamme absetzte, welche sich besonders, wenn der Lehmtümpel ab-geschmolzen war, aus dem Vorheerd drängte. Auch in dem von der Gicht-flamme herrührenden Anflug war Cyankalium in beträchtlicher Menge enthalten. Also auch hier wird ein Aufsteigen in die höheren Theile des Ofens beobachtet.

Die Bildung des Cyankaliums scheint in engem Zusammenhange mit der Bildung der bereits S. 218 der ersten Abtheilung der Eisenhütten-kunde angeführten Verbindung von Titan mit Stickstoff und Cyan zu stehen, denn nach Wöhler lässt sich durch Glühen von Titansäure (welche in den Erzen enthalten ist) und Kaliumeisencyanür dieser Körper herstellen.

Obschon die Experimente von Desfosses, Fownes und Anderen uns die Erklärung für das Vorkommen von Cyankalium im Hochofen geben, so lassen sie doch die Entstehung von freiem Cyan im Unklaren, welches Bunsen und Playfair nicht nur nachwiesen, sondern auch quantitativ in dem unteren Theile des Hochofens bestimmten[1]).

Die directe Entstehung des Cyans aus Kohlenstoff und Stickstoff ist be-kanntlich stets an das Vorhandensein eines Körpers geknüpft, mit welchem dasselbe eine bei der Erzeugungstemperatur beständige Verbindung eingehen kann. Dieser Körper ist im Hochofen das Kalium. Sollte nun das freie Cyan sich aus dem erst gebildeten Cyankalium abgeschieden haben? Ist das Cyan vom Kalium in einer sehr hohen Temperatur trennbar? Bei anderen früher für sich bei hoher Temperatur als unzer-legbar gehaltenen Körpern ist das Eintreten einer solchen Trennung neuerdings nachgewiesen, z. B. an der Kohlensäure, welche in Kohlenoxyd und Sauerstoff zerfällt. Hat sich Cyanwasserstoff gebildet und ist dieser wieder zerlegt? Hängt die Bildung des freien Cyans mit der des Cyan-stickstoffs zusammen? Hat dies freie Cyan den Stickstoff aus dem Brenn-material genommen? Cyanwasserstoffsäure und Cyanschwefelwasserstoff-säure kommen ja in den Destillationsproducten der Kohle vor. Ueber diese Fragen müssen noch fernere Experimente Aufschluss geben.

Obwohl negative Resultate anderer Forscher jene positive Angaben von Bunsen und Playfair nicht erschüttern können, so ist es doch nothwendig, anzuführen, dass Ebelmen trotz besonderer gerade auf diesen Punkt gerichteter Nachforschung kein freies Cyan in den Gasen des Hochofens entdecken konnte. Die meisten Analytiker haben nicht darnach gesucht. Rinman[2]) theilte dem Bearbeiter mit, dass er zwar

[1]) Die Gase Nro. VII. und VIII. Tab. XVI. zeigen Spuren, das Gas Nro. IX. 1,34 Proc. Cyan. Die beiden ersten Gase zeigten einen schwachen aber deutlichen Geruch nach Cyan, das letzte einen unverkennbaren stechenden Geruch, welchen das von mechanisch mit fortgerissenen festen Theilen völlig befreite Gas selbst dem Wasser beim Schütteln mittheilte. — [2]) Vergl. Tabellen VIII. bis XI.

nau darauf geachtet, indessen bei den auf weisses Eisen arbeitenden
olzkohlenöfen, deren Gase er mit Fernqvist untersuchte, keine An-
ichen davon wahrgenommen und daher um so mehr jeden Versuch
ner quantitativen Bestimmung aufgegeben, als auch Gustav Clason bei
olzkohlenhochöfen nur sehr geringe Spuren dieses Stoffes im Gestelle
efunden habe.

Ammoniak, Schwefelwasserstoff etc.

Ausser den im Vorhergehenden angegebenen Gasarten und Dämpfen
ühren die Hochofengase noch geringe Mengen von Schwefelwasserstoff,
Ammoniak, Blei-, Zink-, Cadmium-, Lithium-, Kalium-, Natrium- und
Calciumdampf mit, welche sich qualitativ meist leicht nachweisen lassen.
Schwefelwasserstoff und Ammoniak kommen namentlich in den mit rohen
Steinkohlen betriebenen Hochöfen vor. Technische Bedeutung schreibt
Bunsen[1]) dem Ammoniak zu, indem er berechnet, dass z. B. der Hoch-
fen von Alfreton, welcher in 24 Stunden circa 280 Ctr. (14000 Kilogrm.)
teinkohle verzehre, wenn das Ammoniak durch Chlorwasserstoffsäure
ndensirt würde, 2,14 Ctr. (107 Kilogrm.) Salmiak liefern könnte. Es
t indessen zu bezweifeln, dass sich selbst in solchen Fällen die hierzu
thigen Apparate bezahlt machen würden, und in der That hat sich
ch nirgend eine Salmiakgewinnung eingebürgert. Die Bleidämpfe con-
nsiren sich zum Theil am Boden des Hochofens, zum Theil setzen sie
h als Oxyd in verschiedenen Theilen des Hochofens an. Die Zinkdämpfe
ydiren sich und setzen sich theils in der Nähe der Ofengicht als Gicht-
hwamm an die Ofenwandungen an, theils entweichen sie mit den Gasen
s der Ofengicht und setzen sich in den Gasleitungen als Staub ab. Die
ämpfe von Lithium, Calcium, Natrium etc. oder den Verbindungen dieser
offe lassen sich durch die Spectralanalyse nachweisen.

Schlüsse aus den vorhergehenden Analysen.

Verhältniss des Stickstoffs zum Sauerstoff. Vorausgesetzt, die
ten Substanzen, welche in den Hochofen eingeführt werden, beständen
s reinem Eisenoxyd und reinem Kohlenstoff, dessen Verbrennung durch
mosphärische Luft bewirkt wird, so müsste in dem aufsteigenden Gas-
om das Verhältniss zwischen Stickstoff und Sauerstoff, gleichgültig in
lchem Verbindungszustande der letztere sich auch befinde, genau den
ad der erfolgten Reduction anzeigen. Wäre nämlich kein Eisenoxyd
genwärtig, so würde das Verhältniss von den Formen bis zur Gicht
erall dasselbe sein. Da aber Eisenoxyd vorhanden ist, so wird der
demselben in die Gase aufgenommene Sauerstoff zu der durch den

[1]) Erdmann, Journ. f. prakt. Chem. Bd. 42, S. 390.

Wind eingeführten Sauerstoffmenge hinzutreten und von da an, wo die Reduction des Eisenoxydes vollendet ist, aufwärts wird das Verhältniss der Sauerstoffmenge zur Stickstoffmenge allmälig zunehmen bis zu dem Theile des Hochofens, in welchem die Reduction beginnt.

In der Wirklichkeit muss dieses einfache Verhältniss sich aber ändern und zwar weil einentheils der Sauerstoffgehalt der Gase durch mehrfache Einflüsse nicht unbedeutend, der Stickstoffgehalt ebenfalls, wenn auch in geringem Maasse, theils vermehrt, theils vermindert wird. Die Vergrösserung des Sauerstoffgehaltes im Verhältniss zum Stickstoffgehalt findet statt:

1) Weil kein Brennmaterial, welches im Hochofen verwendet wird, frei von Sauerstoff ist, und dieser in die Gase aufgenommen wird.

2) Weil die Zuschläge fast stets, die Erze häufig Kohlensäure enthalten [1]), welche ausgetrieben und den Gasen beigemengt ebenfalls durch ihren Sauerstoffgehalt dessen Verhältniss zum Stickstoff vergrössert.

3) Weil die atmosphärische Luft stets Feuchtigkeit enthält, deren Sauerstoffgehalt ebenso dem Gasstrom zutritt.

Die Vergrösserung des Stickstoffgehaltes findet in den Fällen statt, in denen die Brennmaterialien Stickstoff enthalten. Die am häufigsten verwertheten Brennmaterialien, Koks und Steinkohle, enthalten nun zwischen 1 und 2 Proc. dieses Stoffes, so dass bei ihrer Anwendung nicht allein die eingeblasene atmosphärische Luft als Quelle des Stickstoffs zu betrachten ist. Jedoch ist die hierdurch bewirkte Zunahme an Stickstoff so klein, dass sie bei den folgenden Untersuchungen ganz ausser Betracht bleiben kann.

Die Verminderung des Stickstoffgehaltes findet durch Bindung desselben in Form von nicht gasförmigen Körpern (Stickstoffcyantitan und Cyankalium) statt. Auch diese Verminderung ist eine sehr unbedeutende, in den meisten Fällen verschwindend kleine.

In der atmosphärischen Luft ist das Verhältniss zwischen Stickstoff und Sauerstoff dem Volumen nach = 100 : 26,5 [2]). Da nun Kohlensäure das ihr gleiche Volumen an Sauerstoff, Kohlenoxyd die Hälfte seines Volumens an Sauerstoff enthält, so ist die Summe des Volumens der ersteren und der Hälfte des Volumens des zweiten gleich dem Gesammtvolumen des in den Gasen enthaltenen Sauerstoffs, aus dessen Vergleich mit dem in der atmosphärischen Luft enthaltenen sich der unter jeder der Tabellen berechnete Ueberschuss oder das vorhandene Minus ergeben hat.

Ofenzonen. Vorausgesetzt, Kohlenoxyd sei das wesentlichste Agens für die Reduction, so werden beim Niedersinken des Erzes gewisse Veränderungen eintreten und unter der Annahme, dass die Temperatur von oben nach unten allmälig zunehme, in stets gleicher Reihenfolge erfolgen

---

[1]) Erstere in Form von kohlensaurem Kalk oder kohlensaurer Magnesia, letztere in Form von kohlensaurem Eisenoxydul. — [2]) Vergl. S. 216.

en. Zuerst wird das Erz sein hygroskopisches und chemisch gebundenes
ser und, wenn es eine Kohlensäureverbindung war, seine Kohlensäure
eren. Beides muss sich in den Gasen des oberen Hochofentheils daher
nden. Dann folgt die Reduction oxydirten Eisens vom Oxyd zum
doxydul, wenn es sich nicht in letzterem Zustande schon vor dem Ein-
der Reduction befunden, und schliesslich zu regulinischem Metall.
n kohlt sich das reducirte Eisen und endlich schmilzt das gekohlte
n. Der Ofen ist hiernach in vier entsprechende Zonen eingetheilt
den, die Vorbereitungszone, die Reductionszone, die Koh-
gszone und die Schmelzzone, deren Begrenzungen natürlich be-
chtlich variiren müssen je nach der Form des Ofeninnern, der Art des
nnmaterials, der Beschaffenheit des Erzes, namentlich mit Rücksicht
die Reducirbarkeit, ferner nach dem Verhältniss der Menge des auf-
ebenen Erzes zu der des Brennmaterials, nach dem Grade der Zer-
inerung der Schmelzmaterialien, besonders wieder der Erze, nach der
nge des in einer bestimmten Zeiteinheit in den Ofen geblasenen Win-
, der Temperatur des letzteren und noch manchen anderen geringfügi-
en Ursachen. Der Ausdruck Zone soll allerdings eigentlich einen be-
mten durch zwei horizontale Schnitte begrenzten Raum des Hoch-
ninnern bezeichnen, aber man darf nie ausser Acht lassen, dass, wie
eits auseinandergesetzt, in den verschiedenen Theilen einer solchen
ne, je nachdem sie an den Wänden oder mehr der Axe des Ofenschach-
nahe liegen, in ein und demselben Hochofen sehr verschiedene Ver-
ltnisse obwalten können. Hierzu kommt noch, dass zwar die Vorbe-
tung der Materialien der Reduction des Eisenoxydes vorausgehen, die
hmelzung einer Kohlung des Eisens folgen wird, dass aber die Kohlung
bst in gewissem Maasse gleichzeitig mit der Reduction und umgekehrt
h gleichzeitig mit der Schmelzung stattfindet, so dass ein Raum, in
lchem Kohlung ohne Reduction oder ohne Schmelzung stattfindet, gar
ht gedacht werden kann.

Wenn daher manche Metallurgen, z. B. Scheerer [1]), diese Zonen
z scharf begrenzen, so darf man dies nur als ein ideales, keineswegs
der Wirklichkeit entsprechendes Bild ansehen. Nichtsdestoweniger
pfehlen sich die Benennungen dieser Regionen zur Abkürzung des
sdrucks und werden daher auch im Folgenden öfters angewendet wer-
. Der Leser möge sich dabei aber niemals abgegrenzte Räume, etwa
die Zonen der Erde, sondern Räume denken, die oft sehr unregel-
ssige Gestalt haben, in denen aber gleiche chemische und physikalische
lingungen herrschen.

Fehlerquellen der Gasanalysen. Man hat bei der Discussion
vorhergehenden Tabellen von vornherein einige Fehler zu beachten,

---

[1]) Vergl. dessen Metallurgie Bd. II, S. 13. Hier ist als fünfte Zone noch die
dations- oder Verbrennungszone in der Nähe der Formen angenommen.

welche theils in der Art und Weise der Gasentziehung, theils in der analytischen Methode begründet sind.

Die Gase wurden, mit Ausnahme derjenigen, welche das Material für die Analysen der Tabellen XI. lieferten, zu verschiedenen, oft weit aus einander liegenden Zeiten aus dem Hochofen entnommen, und stets aus einem im Verhältniss zum Gesammtquerschnitt des Ofens sehr kleinen Raume entzogen.

Was den ersten Punkt anbetrifft, so ist es sehr schwierig, eine gleichzeitige Gasentziehung aus verschiedenen Tiefen vorzunehmen. Nur Rinman hat dies Experiment mit Hülfe von Herrn Eggertz und acht Bergschülern von Falun durchgeführt. Es wechselt nun aber die Zusammensetzung der Gase jedenfalls so schnell im Hochofen in Folge der steten Ungleichmässigkeit der aufgegebenen und herabsinkenden Materialien, des mehr oder weniger gleichmässigen Niedersinkens derselben und der theils wegen wechselnden Druckes, theils wegen mannigfacher die Formen verengender Ansätze u. s. w. in ungleicher Menge zutretenden Gebläseluft, dass schon der Unterschied von einer oder wenigen Stunden, geschweige denn von vielen Stunden, ja Tagen genügt, um unrichtige Resultate zu ergeben.

Noch weit mehr wird der Werth der Analysen für die Beurtheilung des Hochofenprocesses dadurch in Frage gestellt, dass das Gas jedesmal aus einem im Verhältniss zur Weite des betreffenden Hochofentheils sehr geringen Querschnitt entnommen worden ist. Es ist nämlich klar, dass die Geschwindigkeit des Gasstromes und mithin seine Zusammensetzung an den Hochofenwandungen in demselben Horizontalquerschnitt eine andere als in der Mitte sein muss. Wie gross in der That dieser Unterschied ist, zeigt die Tabelle XI A. Seite 226, bei der die Zusammensetzung der Gase aus denselben Tiefen, aber theils aus der Mitte des Schachtes, theils von den Wandungen neben einander angegeben sind. Hier ist bei den Gasen zunächst der Form der Unterschied im Kohlenoxydgasgehalt 6,75 Proc., weiter hinauf 4,10 Proc. Da dies Verhältniss allmälig von der Mitte zur Wandung wechseln wird, so hat man durch das aus der Mitte des Schachtes genommene Gas nichts weniger als eine die mittlere Zusammensetzung angebende Analyse.

Am richtigsten werden die durchschnittliche Zusammensetzung jedenfalls diejenigen Gase angeben, welche aus den Gasleitungscanälen an oder in der Nähe der Gicht entnommen sind, da sich hier offenbar die Gase innig mit einander vermischt haben.

Eine andere Fehlerquelle liegt in der analytischen Methode. Bunsen und Playfair haben bei ihren Untersuchungen über die Gase des Hochofens zu Alfreton sorgfältig die eudiometrische Methode, d. h. diejenige, welche sich auf eine genaue Volumenbestimmung des zu untersuchenden Gases und der durch Verbrennung mit Sauerstoff daraus erhaltenen Producte stützt, mit der gewichtsanalytischen, d. h. derjenigen, welche die bei der Verbrennung eines Gasvolumens erzeugten Verbindungen in

fester oder flüssiger Form aufsammelt und unmittelbar dem Gewichte nach bestimmt [1]), verglichen, sich zu Gunsten der ersteren entschieden und die bedeutenden Fehlerquellen nachgewiesen, welche bei der Benutzung der letzten — wie dies z. B. von Ebelmen bei seinen ersten Analysen geschehen — entstehen können. Im Allgemeinen darf man, gleiche Gewissenhaftigkeit vorausgesetzt, annehmen, dass jede spätere Analyse auf mehr Genauigkeit als die früheren Anspruch machen könne, da dem jüngeren Analytiker die Erfahrungen der älteren zu Nutzen kamen, und aus diesem Grunde sind über den Tabellen stets die Jahre der Untersuchungen angegeben worden. Es ist wichtig, überzeugt zu sein, dass der Analytiker sich vollständig über die möglichen Fehlerquellen und deren Grösse bewusst gewesen sei, und in dieser Hinsicht verdienen einentheils die Bunsen'schen, anderentheils die Rinman'schen Untersuchungen die grösste Aufmerksamkeit [2]).

Fehler können auch beim Auffangen der Gase dadurch entstehen, dass das Zuschmelzen der Glasröhren, in denen die Gase behufs der Analyse gesammelt werden, nicht mit gehöriger Vorsicht geschieht, so dass hierbei z. B. Luft eintritt, wie dies bei einigen Analysen der Gase von Harnäs bereits bemerkt wurde.

Sauerstoffgehalt der Gase.

Sauerstoffüberschuss. Wenn in den Gasen irgend eines Theils des Hochofens das Verhältniss des Sauerstoffs zum Stickstoff geringer als das in der atmosphärischen Luft herrschende (26,5 : 100) ist, so muss, da ein ungleichförmiges Entweichen beider Gase aus den Ofenwänden kaum angenommen werden kann, entweder Sauerstoff fortgekommen, d. h. in den Zustand fester Verbindungen übergegangen, oder Stickstoff hinzugetreten sein.

Das Erstere ist nur in unmittelbarer Nähe der Formen denkbar, wo unter besonderen Umständen eine Oxydation von bereits reducirtem Eisen, Mangan u. s. w. eintreten kann. Das Letztere ist, abgesehen von der durch die angedeuteten Verhältnisse der Stickstoffentwickelung aus dem Brennmaterial möglichen geringen Variation, überhaupt undenkbar. Es muss mithin die Richtigkeit aller ein solches Verhältniss eines geringen Sauerstoffgehaltes aufweisender Analysen von Gasen aus höheren Ofentheilen angezweifelt werden, nicht etwa in dem Sinne, dass den Analytiker ein Vorwurf trifft, sondern in dem Sinne, dass die Analyse nicht die mittlere Zusammensetzung des Gases in dem betreffenden Hochofenquerschnitt darstellt, denn es ist sehr wohl denkbar, dass der Stickstoff in einem und demselben Querschnitte des Hochofens ungleichförmig vertheilt ist, dass also das Verhältniss desselben an einer Stelle, an welcher zufällig das Gas entnommen wurde, ein grösseres als an einer

[1]) Erdmann, Journ. f. prakt. Chem. 42, S. 145 u. f. — [2]) Vergl. Berg- u. Hüttenm. Zeitung 1865. S. 446.

benachbarten Stelle war. Hierhin gehören die Analysen Tabelle I. Nr. 3 und Tabelle XI A. Nr. 3 und 4.

Wenn dagegen — und dies zeigen alle anderen Analysen in grösserem oder geringerem Grade — der Sauerstoffgehalt der Gase das in der atmosphärischen Luft enthaltene Verhältniss übersteigt, so ist dies ein Beweis, dass der Stickstoffgehalt sich entweder vermindert hat, was in sehr geringem Maasse durch Uebergang in feste Verbindungen (Cyankalium, Cyanstickstofftitan) geschehen kann, oder dass Sauerstoff den Gasen hinzugetreten ist. Die Erklärung für das Letztere bietet sich erstens und hauptsächlich in der Reduction der Eisenerze dar, indem der Kohlenstoff, sei es als solcher, sei es in der niedrigeren Sauerstoffverbindung als Kohlenoxydgas, sich mit dem Sauerstoff des Erzes zu einem neuen Gase (im ersten Falle Kohlenoxyd, im zweiten Kohlensäure) verbindet. Eine solche Sauerstoffvermehrung muss in einem regelmässigen Verhältniss von unten nach oben bis zu der Grenze stattfinden, wo die Temperatur zu niedrig ist, um eine Reduction zu gestatten; denn da die aus der Gicht entweichenden Gase stets Kohlenoxyd enthalten, kann das Aufhören der Sauerstoffzunahme nach oben nicht in einem Mangel an Reductionsmitteln begründet sein. Dasselbe gilt von anderen reducirten Oxyden. Eine weitere Sauerstoffvermehrung tritt durch die in Erzen und Zuschlägen enthaltene Kohlensäure in den Ofenregionen ein, in welchen die Temperatur zur Gasificirung dieses Stoffes genügt. Auch die Sauerstoffzunahme aus diesem Grunde muss innerhalb gewisser Grenzen stetig von unten nach oben stattfinden.

Das Gleiche gilt von der Sauerstoffvermehrung durch Zutritt des in den Brennmaterialien enthaltenen Sauerstoffs zu den Ofengasen, welcher so hartnäckig zurückgehalten wird, dass er erst in sehr hohen Temperaturen, d. h. in den tiefsten Regionen des Ofens vollständig aus dem Brennmaterial entfernt ist [1]).

Eine letzte Sauerstoffzunahme in den Gasen erklärt sich aus der Zersetzung von Wasserdampf. Das in den festen Materialien enthaltene Wasser, sei es hygroskopisch beigemengt, sei es chemisch (z. B. im Brauneisenerz) gebunden, gelangt ohne Zersetzung zur Verdampfung, kommt daher in den behufs der Analyse getrockneten Gasen nicht zur Geltung. Es kann daher hier nur der durch die Gebläseluft eingeführte Wasserdampf in Betracht kommen und die Zersetzung desselben findet stets unmittelbar vor den Formen statt. Die Menge des daher rührenden Sauerstoffs lässt sich demnach unmittelbar durch Berechnung aus dem Wasserstoffgehalt der Gase an der Form finden.

Aus diesen Betrachtungen ergiebt sich, dass das Verhältniss des Sauerstoffs zum Stickstoff von den Formen an nach oben stets wachsen muss, sich aber niemals verringern kann, es sei denn in nächster Nähe der Gicht, wo in Folge der Gasableitung die Zusammensetzung der Gase

[1]) Vergl. Seite 280.

*) Vergl. Tabelle XVI.



*) Vergl. Seite 280.

in keinem Zusammenhang mit der in die Formen eingeblasenen Stickstoffmenge zu stehen braucht. Wenn daher in den Gasreihen der Tabellen dies steigende Verhältniss des Sauerstoffs zum Stickstoff von den Formen oder deren Nähe aus bis zur Gicht nicht stattfindet, so muss auch hier die Richtigkeit der Analysen bezweifelt und die Abweichung aus einer der oben angegebenen Fehlerquellen hergeleitet werden.

Um eine übersichtliche Vergleichung der Resultate aller vorher mitgetheilten Analysen zu gestatten, ist die Tabelle A. zusammengestellt worden. In derselben sind alle Hochöfen als von gleicher Höhe von Form bis Gicht angenommen, und man findet daher in jeder Horizontalcolumne nicht, wie dies bei allen bisher vorgenommenen Zusammenstellungen der Fall gewesen ist, die Gasgemenge von gleicher absoluter Höhe über den Formen, sondern von gleicher relativer Höhe zwischen Form und Gicht.

Es bedarf diese ungewöhnliche Anordnung einer Rechtfertigung:

Stellt man die absoluten Höhen über der Form nebeneinander, so gelangt man nur zum Vergleiche von Gasgemengen, welche sehr verschiedenen Ofenzonen angehören. Die Gichtgase des nicht ganz 6 Meter hohen Veckerhagener Hochofens stehen in diesem Falle parallel den Gasen aus dem Kohlensack des doppelt so hohen Ofens von Seraing. Nun aber wird bei jedem Hochofen innerhalb der vorhandenen Höhe derselbe Zweck erreicht, d. h. es wird das aufgegebene Eisenoxyd reducirt und in Roheisen umgewandelt, und daher darf man annehmen, dass unter gleichen Verhältnissen, ganz abgesehen von der absoluten Höhe, in den relativen Höhen zwischen Form und Gicht eine gleiche Zusammensetzung der Gase herrschen muss, und dass anderenfalls aus factischer Verschiedenartigkeit solcher relativ gleich tief entnommenen Gase Schlüsse auf die Gründe für diese Abweichungen gezogen werden können. Es sind in dieser Tabelle die für die vorliegende Betrachtung interessirenden Bestandtheile, Kohlensäure, Kohlenoxyd, und der aus jenen berechnete Sauerstoffüberschuss auf 100 Vol. Stickstoff zusammengestellt.

Alle Analysen, welche mit Gasen aus der unmittelbaren Nähe der Formen angestellt sind, zeigen mit Ausnahme der von Pont l'Evêque (XIV.) einen bedeutenden Ueberschuss an Sauerstoff. Der Grund kann einestheils in einem Verbrauch an Stickstoff zur Cyanbildung liegen. Wenn wir aber das Verhältniss der Cyanbildung, wie es von Bunsen und Playfair am Alfreton-Ofen gefunden wurde, als Maximum ansehen, so rechtfertigt sich hierdurch höchstens ein Sauerstoffüberschuss von 2,54 auf 100 Vol. Stickstoff [1]). Anderentheils kann hier ein Sauerstoffüberschuss seinen Grund in der Zersetzung von Wasserdampf haben. Wenn dieser aus dem in den Ofen geführten Wasserdampf stammende Sauerstoff auch (wie sich aus der weiter unten mitgetheilten Tabelle B. zu Seite 291 ergeben wird) bis zu 4,5 auf 100 Vol. Stickstoff steigen kann, so erhebt

[1]) Vergl. Tabelle XVI.

er sich im Durchschnitt doch nicht über 1,3 Vol.[1]). Im Falle des sten Wassergehaltes und der grössten Cyanbildung würde dah Sauerstoffüberschuss nicht viel über 5 Vol. betragen können.

Es sind nun aber in der Nähe der Formen auf 100 Vol. Sti enthalten:

Tabelle	Sauerstoff-überschuss	In Folge der Cyan-bildung	In Folge der Wasser-zersetzung	Daher aus anderen Ursachen
III.	27,6	—	1,3	26,3
IV.	9,3	—	0,6	8,7
V.	7,6	—	—	7,6
VIII.	5,5	—	1,4	4,1
IX.	6,3	—	1,3	5,0
X.	162,7	—	4,5	158,2
XII.	21,4	—	0,9	20,5
XIII.	4,7	—	1,2	3,5
XV.	14,7	—	0,2	14,5
XVI.	5,7	2,5	3,4	—

Der zum Theil noch sehr bedeutende Rest des Sauerstoffübersch muss seinen Grund in anderen Ursachen haben. Er würde sich Schwierigkeit aus der noch vor den Formen oder in deren Nähe findenden Reduction, sei es von Eisenoxyd, sei es von anderen Ox oder durch Zutritt sauerstoffreicher Gase aus den Kohlen, mit denen die Oeffnungen im unteren Theile des Hochofens zu verschliessen erklären lassen, wenn nicht der merkwürdige (mit Ausnahme der len I., VII. und in gewissem Grade XIV.) durch alle Untersuch bestätigte Fall vorläge, dass dieser Sauerstoffüberschuss sich nach zu nicht etwa vermehrt oder wenigstens gleich bleibt, sondern das Abnahme desselben eintritt, so dass ein Minimum des Sauerstof schusses in der unteren Hälfte der Hochöfen (nur bei XIII. kann sich wegen der geringen Zahl der Analysen kein Urtheil darüber bi in den meisten Fällen zwischen 2 und 4 Zehntel der Höhe von der aus gerechnet liegt, wo das Verhältniss des Sauerstoffs zum Sti beinahe genau das der atmosphärischen Luft ist. Da dieses Verh nur so weit, als es mit der Cyanbildung zusammenhängt, natürli weil nach der Zersetzung des Cyans den Gasen von Neuem Sti hinzutritt und daher die verhältnissmässige Menge des Sauerstoff mindert wird, so haben bereits viele der Analytiker ihr Augenme

[1]) 1 Vol. Wassergas besteht aus 1 Vol. Wasserstoff und $1/2$ Vol. Sauer

diesen Punkt gewendet und verschiedene Erklärungen versucht, welche indessen zum grössten Theil nicht als zutreffend anerkannt werden können.

Ebelmen nimmt an, dass dieser Sauerstoffüberschuss aus der Reduction des in die Schlacke übergegangenen oxydirten Eisens herzuleiten, dass also die sogenannte Schmelzzone in Wahrheit eine zweite Reductionszone sei [1]). Er glaubt, dass direct vor den Formen ein Theil des reducirten Eisens wieder oxydirt werde und im Zustande eines Silicates in die Schlacke übergehe, dass dann aber eine Reaction zwischen dem oxydirten Eisen und der Kohle des Roheisens oder den der Schlacke beigemengten Kohlenstückchen eintrete, und ersteres unter Entwickelung von Kohlenoxydgas reducirt werde. Ebelmen führt als Beweis dieser seiner Ansicht an, dass die teigige Masse, welche die Wandungen des Gestells über den Formen bekleide, Eisensilicat enthalte, und dass das letztere unter Bildung von Kohlenoxydgas reducirt werde, so dass die Gase, welche man durch ein Loch in den Wandungen entziehe, reicher an Kohlenoxyd als die Gase im Inneren seien. Er nimmt an, dass dieser Beweis durch die Praxis unterstützt werde. „Wenn man," sagt er, „zwei Arten Brennmaterial mit einander vergleicht, welche mit verschiedener Geschwindigkeit von Luft oder Kohlensäure angegriffen werden, z. B. Koks und Holzkohlen, so ist klar, dass es nothwendig sein wird, die Masse des am wenigsten wirkenden Brennmaterials im Verhältniss zum Erze zu vergrössern, um die Oxydation des Eisens in diesem Falle nicht stärker als in dem anderen eintreten zu lassen. Die Praxis hat dem entsprechend auch bewiesen, dass im Durchschnitt zweimal so viel Koks (dem Gewichte nach) als Holzkohle zur Erzeugung derselben Menge gleichartigen Roheisens in einem Hochofen nöthig sei. Ebenso lässt sich die verschiedene Menge desselben Brennmaterials erklären, welche bei der Erzeugung verschiedener Arten Roheisen in einem Hochofen nöthig ist, d. h. man verbraucht z. B. für graues Roheisen mehr als für weisses." Ueber beide Thatsachen herrscht kein Zweifel, aber dennoch giebt selbst diese scheinbare Uebereinstimmung von Praxis und Theorie keine Erklärung. Wäre die Zone des Minimalsauerstoffüberschusses oder die Region, wo annähernd das Verhältniss der Luft herrscht, zugleich dieselbe, in welcher die letztere in den Ofen geführt wird, so könnte man sich wohl denken, dass nun aufwärts in Folge der Oxydation des Eisens [2]) (also Bildung einer festen oder flüssigen Verbindung) die Gase allmälig sauerstoffärmer würden, bis das Minimum erreicht ist, aber es müsste in diesem Falle, wenn, wie Ebelmen annimmt, der Sauerstoff nur aus der eingeblasenen Luft stammt, der Sauerstoffüberschuss stets negativ sein. Beim weiteren

---

[1]) Op. cit. p. 335 und 371. — [2]) Eine Oxydation des Eisens lässt sich trotz der vorhandenen reducirenden Gase, namentlich mit Rücksicht auf die Forschungen Cailletet's, über welche weiter unten noch Näheres berichtet werden wird, in Folge des Vorhandenseins freien Sauerstoffs denken, vergl. S 282.

Aufwärtssteigen würde dann einmal wieder das normale Verhältniss, l auf allmälig zunehmender, positiver Sauerstoffüberschuss eintreten.

Aus einem ähnlichen Grunde hilft auch die von Percy für Erklärung zu Hülfe genommene Reduction anderer Körper ausser Eisen nicht über die Schwierigkeit fort. Er sagt: „Bekanntlich erfor Kieselsäure zu ihrer Reduction die vereinigte Einwirkung von Koh stoff und Eisen [1]) und eine sehr hohe Temperatur, wie solche kaum an wärts als in der Nähe der Formen herrscht. Da nun im Allgemei jedes Roheisen Silicium; manches sogar sehr viel enthält, z. B. das kieselreichem Roheisenstein bei Koks in Nord-Lancashire und Cumberl erblasene 3 bis 4, ja mehr Procent, und 1 Gewichtstheil Kieselsä ungefähr das gleiche Gewicht an Sauerstoff abgiebt [2]), so ist bei ein stark siliciumhaltigen Roheisen der Zugang an Sauerstoff hinreich um das Verhältniss der Analysen auf diese Weise zu erklären." I könnte dieses Motiv noch verstärken dadurch, dass man die Red tion von Thonerde, Kalkerde, Magnesia u. s. w. hinzunimmt, wenn a der Gehalt an den Elementen dieser Verbindungen im Roheisen äusserst gering ist. Alle diese Umstände würden zwar eine Zunahme Sauerstoff über das Verhältniss der Luft von der Form aufwärts erklä eine Zunahme, welche allmälig geringer wird, bis sie in einer höhe Zone bei Reduction des Eisens wieder bedeutend steigt; aber es mü das doch immer eine Zunahme, niemals wie die Analysen es über stimmend nachweisen, eine Abnahme sein.

Sobald man annimmt, dass die Analysen wirklich die mittlere Zus mensetzung der Hochofengase an den betreffenden Stellen angeben. bleibt nur die Schlussfolgerung übrig, dass unmittelbar in der Nähe Formen durch eine energische Reduction von Kieselsäure und Eisenox Sauerstoff in die Gase gelangt, dass dieser Sauerstoff beim Aufstei (etwa in Form von Kohlensäure, welche demgemäss auch entsprech abnimmt) Eisen oxydirt, dass dadurch die Gase an Sauerstoff är werden, bis sie die Zusammensetzung der Luft angenommen haben, dass dann erst die Reduction des niedersinkenden Erzes eintritt. I gekehrt würde also beim Hinabsinken auf die Reduction des Erzes abermalige Oxydation und erst vor den Formen eine zweite Reduc gleichzeitig mit der Reduction der Kieselsäure eintreten. Aber diese Annahme hat keine Wahrscheinlichkeit für sich, weil, wenn erneuete Oxydation einträte, diese in der Nähe der Formen am stärk sein müsste.

Das eigenthümliche Verhalten der Gase hinsichtlich des Sauers überschusses tritt in noch verwickelterer Weise als bei den mit Holzk und Koks betriebenen Hochöfen, bei dem Alfreton-Ofen (Tabelle X

---

[1]) Vergl. Abtheil. I, S. 117. — [2]) Genauer ist das Verhältniss 47,02 : 5

auf, welcher mit rohen Steinkohlen betrieben wurde. Hier findet sich innerhalb der unteren Hälfte des Hochofens über den Formen erst eine Zunahme, dann eine Abnahme des Sauerstoffüberschusses, und nun folgt ein beständiges Schwanken bis zur Gicht.

Bunsen sucht die Erklärung in Folgendem[1]): „Der Umstand," sagt er, „erscheint auf den ersten Blick schwer zu erklären, da keine chemischen Processe im Ofenschacht denkbar sind, welche den einmal in den Gasen enthaltenen Sauerstoff vermindern können. Allein diese Anomalie ist bei näherer Betrachtung leicht erklärlich. Die Sauerstoffverminderung beginnt vornehmlich an dem Punkte, wo die aus den Steinkohlen durch Destillation erzeugten Gase zur Entwickelung kommen. Nun liegt es in der Natur der Verhältnisse, dass diese Gase nicht sogleich in dem Momente, wo sie frei werden, eine gleichförmige Mengung mit der von den unteren Theilen des Ofens aufsteigenden Gassäule erleiden. Das an diesen Punkten aufgefangene Gas ist daher reicher an den gasförmigen Destillationsproducten der Kohle, als es der durchschnittlichen Zusammensetzung nach sein sollte. Namentlich steigt der Wasserstoffgehalt dann bis über 12 Proc. Rührte dieser Wasserstoff allein von dem auf Kosten der Kohle zersetzten Wasser her, so würde dadurch der Sauerstoffgehalt des Gases stets wachsen müssen, in welchem Verhältniss auch die Mengung der an verschiedenen Punkten des Ofens erzeugten Gase vor sich gehen mag. Ist dagegen der grösste Theil dieses Wasserstoffs, wie man nothwendig annehmen muss, aus der durch eine höhere Temperatur bedingten Zersetzung des ölbildenden Gases und Steinkohlenöles hervorgegangen, so muss die Berechnung nothwendig auf einen kleineren Sauerstoffgehalt führen, als der Wahrheit entspricht. Diese Thatsache berechtigt uns zugleich zu dem Schlusse, dass die mittlere Zusammensetzung der Ofengase an dem Punkte des Ofens, wo die durch Destillation bedingte Gasentwickelung ihr Maximum erreicht, nicht ermittelt werden kann."

Bunsen glaubt zwar für die tieferen Punkte des Ofenschachtes, „wo das ölbildende Gas und die höheren Kohlenwasserstoffe gänzlich fehlen", diese Unsicherheit nicht annehmen zu müssen und war zu diesem Schluss bei der geringen Zahl der ihm vorliegenden Untersuchungen wohl berechtigt. Die grössere Menge jetzt ausgeführter Analysen gestattet indessen, den Schluss zu ziehen, dass die Unsicherheit, aus der Zusammensetzung von Gasen, welche aus einem kleinen Querschnitte des Hochofens entnommen sind, Schlüsse auf die Gase des ganzen Ofentheils zu ziehen, gerade in den untersten Regionen des Hochofens am grössten ist. Rinman hat das Verdienst, zuerst auf diesen Umstand aufmerksam gemacht und ihn genauer untersucht zu haben. Seine Untersuchungen lassen keinen Zweifel mehr über die richtige Erklärung jenes scheinbar widersin-

[1]) Erdmann, Journ. 42, S. 269.

nigen Verhältnisses vom Sauerstoff zum Stickstoff [1]). „Vergleichen wir," sagt er, „die Gasbestandtheile [2]) von der Form und Tümpelnähe mit der idealen Gaszusammensetzung, die entstehen würde, wenn Kohle zu Kohlenoxyd in atmosphärischer Luft verbrannt wird [3]), so finden wir bei jenen einen bedeutenden Ueberschuss an Sauerstoffgehalt, zumal am Tümpel. Dieser Ueberschuss kann schwerlich anders erklärt werden als dadurch, dass die Gase neben der Ofenmauer, wo die Proben genommen, lange nicht dieselbe aufsteigende Geschwindigkeit besitzen als die übrigen Gase, und dass das Kohlenoxyd, welches durch die Kohle und niederkommende unreducirte Erzstücke entsteht, hier in verhältnissmässig grösserer Menge vorkommt als da, wo der Gasstrom die grösste Geschwindigkeit besitzt. Wäre nämlich anzunehmen, dass die Gase am Gemäuer vollkommen still stehen und durch die Bewegung der übrigen nicht beeinflusst werden, so müsste sich aus Kohle und Eisenoxyd reines Kohlenoxydgas bilden. Möglicher Weise können auch am Tümpel sauerstoffhaltige Gase von dem Kohlenklein und Gestübbe hinzukommen, dessen man sich zum Verstopfen der daselbst befindlichen Oeffnungen bedient, indem Holzkohle beim Erhitzen (unter Luftabschluss) ein Gasgemenge entwickelt, in welchem das Verhältniss des Sauerstoffs zum Stickstoff viel grösser ist als in der atmosphärischen Luft [4])."

Diese Annahme kommt zwar mit den vorher gegebenen darin überein, dass sie Reduction von Eisenoxyd als Quelle des grösseren Sauerstoffgehaltes in der Nähe der Formen ansieht, aber sie fügt erstens als neue Sauerstoffquelle noch die sauerstoffreichen Gase des Kohlengestübbes hinzu, welche durch die mit der Atmosphäre communicirenden Oeffnungen des Hochofens eindringen, und ebenfalls eine von der Gebläseluft unabhängige Sauerstoffmenge repräsentiren; zweitens erklärt sie durch die Stagnation der Gase an den Ofenwänden auf natürliche Weise die Abnahme des Sauerstoffgehaltes in höher gelegenen Ofentheilen.

Auf den ersten Blick erscheint — wenn man von der Gaszusammensetzung in unmittelbarer Nachbarschaft des Tümpels absieht — die Bemerkung Rinman's, dass die sauerstoffreicheren Gase sich haupstächlich an den Wandungen vorfänden, nicht ganz einleuchtend; denn gerade die von demselben Metallurgen angestellten Analysen des Hochofens zu Harnäs (Tab. XI.) zeigen, dass die in der Mitte des Hochofens befindlichen Gase eines und desselben Horizontalquerschnittes sauerstoffreicher als die an den Wandungen sind und dass der Sauerstoffüberschuss der Gase aus dem Inneren des Ofens den Sauerstoffüberschuss der Gase an den Wänden um 4 Vol. und mehr auf 100 Vol. Stickstoff über-

---

[1]) Berg- und hüttenm. Zeitg. 1865. S. 265 und f. — [2]) An dieser Stelle spricht er von Ebelmen's Analysen des Clervaler Hochofens. — [3]) Bestehend in 100 Vol. Gas aus 34,7 Proc. Kohlenoxyd und 65,3 Proc. Stickstoff. — [4]) Vergl. S. 281.

. Rinman weist bei diesen letzteren Analysen selbst darauf hin,
sich das Gas an den Wänden als Reductionsmagazin verhalte. „Wäh-
im Inneren des Hochofens," sagt er, „das Gas arbeitet, erneuert es
aus dem Gasstrom an der Mauer, welcher weniger Widerstand an
Erzen findend eine grössere Geschwindigkeit hat." Je langsamer
lich das Kohlenoxyd durch die Erzsäule steigt, um so reicher an
rstoff wird es in Folge der Reduction nach Durchlaufung eines ge-
en Weges sein, folglich wird nach eben demselben Wege, d. h. in
selben Horizontalquerschnitt das Gas an den Wänden, welches schnel-
steigt, nicht so viel Sauerstoff aufgenommen haben. Es werden daher
Gase, welche derselben chemischen Reactionszone des Hochofens ange-
n, nicht eine Horizontalebene bilden, sondern die Gestalt einer con-
n, nach oben offenen Schale haben. Da nun in Folge der Reibung
len Schachtwänden die festen Materialien langsamer nach unten
en, d. h. später als die in der Mitte des Schachtes befindlichen Erze,
ie schneller niedersinken, zu einer tieferen Zone gelangen, so wird
angegebene Einwirkung der Gase an den Wänden hierdurch noch
gesteigert werden. Dasselbe Verhältniss zeigt sich sehr deutlich an
Gicht, wo die von den Wänden entnommenen Gase stets dem chemi-
Zustande einer tieferen Region entsprechen.

Trotz dieses scheinbaren Widerspruchs sind beide Ansichten Rin-
's sehr wohl mit einander vereinbar, und wir führen am besten
eigenen Worte zur Erklärung an [1]).

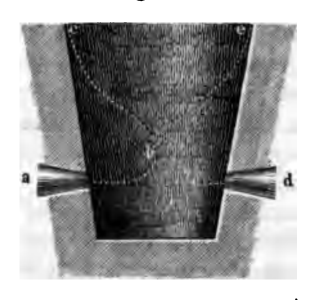
„Im Gestell des Hochofens werden zwischen den Formen die Kohlen
und gar nicht angegriffen. Man kann sich in den Räumen zwi-
den Formen eine Säule oder eine Pyramide von Kohlen vorstellen,
e sich gegen die Wandung stützt und sich nicht bewegt, weil weder
stoff noch Kohlensäure in sie eindringt. Dort sammelt sich auch
vielleicht in teigigem Zustande an. Unter solchen Umständen kann
Veränderung dieses gleichsam ruhenden Gasreservoirs nur sehr lang-
stattfinden. Das Gas bleibt reich an Kohlenoxyd (in Folge der Ein-
ung zwischen Kohle und hierher gelangten unreducirten Erzes) bis
iner gewissen Höhe über der Form. Der Windstrom nämlich,
die Formen in das Innere des Gestelles vorgedrungen, presst das
esen Räumen enthaltene Gas zurück. Hat der Windstrom aber in
gewissen Höhe seine lebendige Kraft verloren, so dehnen sich die
aus und zwar bis zur Wandung, und nun ist der Weg an den
dungen wegen des geringsten Widerstandes der festen Massen
der leichteste und der Gasstrom steigt hier schneller als in der
auf."

Man kann aus den Figuren 164 und 165 (a. f. S.) dies Verhältniss
deutlich ersehen.

Schriftl. Mittheil. des Herrn Rinman an den Bearbeiter, d. d. Nora
868.

Fig. 164 zeigt einen Aufriss, Fig. 165 einen Grundriss. Die von den Formen *a* und *d* ausgehenden punktirten Linien *abc* und *dbe* zeigen die Richtung, in welcher sich die eingeblasene, nachher veränderte

Fig. 164.



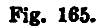


Fig. 165.



atmosphärische Luft während der Periode ihrer grössten Schnelligkeit im Ofen fortbewegt. Die Räume *ff* in Fig. 165 sind diejenigen Räume, in welchen die Gase stagniren, Räume, welche bis zur Höhe von *c* und *e* hinaufreichen. Zu den hier stagnirenden Gasen werden sich auch die durch den Heerd eintretenden sauerstoffreichen Gase gesellen.

Nur von den Grenzen dieser gleichsam als Magazine zu bezeichnenden Räume werden von dem schnell aufsteigenden Gasstrome Theile mitgerissen werden, und so erklärt es sich leicht, dass der Sauerstoffreichthum, welcher in einzelnen Theilen des Hochofengestells herrscht, nicht auch als bleibender Bestandtheil der Gase in höheren Zonen auftritt.

Sauerstoff aus dem Brennmaterial. Da Steinkohlen häufig 4 bis 5, nicht selten 10 bis 11 Proc. und darüber an Sauerstoff enthalten [1], so ist bei Anwendung roher Steinkohle eine reichliche Quelle für Sauerstoff in den Hochofengasen gegeben. Obwohl ein grosser Theil des in den Steinkohlen enthaltenen Sauerstoffs in Verbindung mit Wasserstoff oder mit Wasserstoff und Kohlenstoff der Regel nach in höheren Zonen des Hochofens in Form von Wasser und anderen condensirbaren Gasarten entweicht und daher in den Analysen des trocknen Gases nicht zum Vorschein kommt, so haftet doch ein kleiner Theil am Kohlenstoff so hartnäckig, dass selbst Koks noch einige Procent Sauerstoff (durchschnittlich 2 bis 2,3 Proc. [2]) enthalten. Es ist daher erklärlich, wenn auch bei Anwendung von Koks selbst in grösseren Tiefen des Hochofens ein Sauerstoffgehalt aus dem Brennmaterial abzuleiten ist.

Aehnlich wie mit den Koks verhält es sich mit den Holzkohlen. Rinman und Fernqvist untersuchten eine Holzkohle von Hammarby [3],

---

[1]) Conf. Bd. I. der Metall. S. 116 u. f. — [2]) loc. cit. p. 162. — [3]) Undersökningar rör. masugnsgasernas, p. 31 u. f.

elche allerdings noch beträchtliche Mengen nur braungekohlten Holzes
thielt. Diese gab erhitzt zu

	Bestandtheile.	800⁰	100⁰	von 100⁰ auf 400⁰	von 400⁰ auf 800⁰
Gewichts-procente	Wasser	8,7 Proc.	—	—	—
	Permanente Gase	7 Proc.	—	—	—
hielten Volumprocente:	Kohlensäure	36,4	3,2	42,6	37,8
	Kohlenoxyd	24,5	0,5	21,0	18,7
	Sauerstoff	0,9	18,2	2,9	—
	Grubengas	22,5	—	2,2	21,6
	Wasserstoff	8,6	0,6 *)	—	22,4
	Stickstoff	7,1	77,5	25,5	—
	Oelbildendes Gas . . .	—	—	5,8	—

*) An Kohle gebunden.

Eine von Bränden freie Holzkohle zu Forssjö gab bei der Erhitzung
f 800⁰ C. 8 Gewichtsprocent Wasser und 6 Proc. permanentes Gas ab,
elches in 100 Vol. bestand aus:

Kohlensäure . . .	34,5	Vol.
Kohlenoxyd . . .	22,5	„
Sauerstoff	0,3	„
Grubengas . . .	20,3	„
Wasserstoff . . .	14,0	„
Stickstoff	8,4	„

In Holzkohlengeneratorgasen fand Rinman auf 100 Vol. Stickstoff

27,8	Vol.	Kohlenstoff,
12,3	„	Wasserstoff,
0,5	„	Grubengas,
29,9	„	Sauerstoff,

o 3,4 Vol. Sauerstoff mehr als in der Luft.

Aehnliche Untersuchungen hatte schon früher Bunsen angestellt,
ne jedoch die Temperaturen anzugeben, welche hierbei angewendet
rden [1]).

Er fand in den von verschiedenen Holzkohlen entwickelten Gasen
n Volumen nach

	I.	II.	III.	IV.
Kohlensäure	23,65	15,96	19,58	35,36
Grubengas	11,00	20,32	20,75	20,78
Kohlenoxyd	15,96	13,62	20,57	14,41
Wasserstoff	49,39	50,10	39,10	29,45

1) Erdmann, Journ. f. prakt. Chem. 42, S. 151.

Nr. I. war eine stark gebrannte Buchenkohle,
„ II. „ „ normale Tannenkohle,
„ III. „ „ „ Eichenkohle,
0,650 Gramm derselben lieferten 0,47 Kohle und 70 Cubikcentimeter Gas bei 0° und 0,76 Millimeter Barometerstand.
„ IV. war eine unvollkommene gebrannte Buchenkohle.
0,733 Gramm derselben gaben 0,443 Kohle und 250 Cubikcentimeter Gas bei 0° und 76 Millimeter Barometerstand.

Absorbirter Sauerstoff. Das Verhältniss des Sauerstoffs zum Stickstoff kann sich auch dadurch ändern, dass die flüssigen Massen (Schlacke und Roheisen) beide Gase in verschiedener Menge absorbiren. Genaue Beobachtungen liegen hierüber noch wenig vor und die vorhandenen werden bei der Besprechung der Körper, welche sie absorbiren können, mitgetheilt werden.

Freier Sauerstoff. Der Sauerstoff in den Hochofengasen ist nach den mitgetheilten Analysen stets an Kohlenstoff gebunden. Es ist zwar nicht unwahrscheinlich, dass bei Anwendung roher Brennmaterialien in gewissen Tiefen sich auch Sauerstoff in Verbindung mit Kohlenstoff und Wasserstoff in Form von Essigsäure, Phenyl-, Cresyl- und ähnlichen Säuren vorfindet; aber da diese Stoffe, selbst die Essigsäure, bei höheren Temperaturen und in Gegenwart von starken Basen leicht zerlegt werden, so kann man sie nur in der Nähe der Gicht erwarten.

Freier Sauerstoff kann nur im Focus der Formen und in den heissesten Theilen des Hochofens existiren; im Focus der Formen, weil der Sauerstoff der Luft eine gewisse Zeit braucht, um eine chemische Verbindung mit dem vorhandenen Kohlenstoff einzugehen; in den heissesten Theilen des Ofens überhaupt, weil die hier herrschenden Temperaturen möglicher Weise ein Zerfallen der durch die Verbrennung gebildeten Gasarten, der Kohlensäure und des Kohlenoxyds, bewirken.

Deville machte zuerst auf den letzteren Umstand aufmerksam, welcher bis dahin deshalb ganz unbeachtet geblieben war, weil die getrennten Elemente sich während der der Analyse vorhergehenden Abkühlung der Gase wieder vereinigen. Deville wies nach [1], dass eine Zerlegung von Kohlenoxyd in Kohlensäure und freien Kohlenstoff selbst in Gegenwart von Kohle stattfinden könne [2] und dass Kohlensäure selbst bei Ueberschuss von Sauerstoff in hohen Temperaturen in Kohlenoxydgas und freien Sauerstoff zerfallen könne [3]. Cailletet bestätigte Deville's Annahmen durch mehrfache Untersuchungen. Schinz [4] macht zwar mit Recht aufmerksam, dass diese Untersuchungen keine zuverlässigen Resultate geliefert haben können, da das Verhältniss von Sauerstoff zu Stickstoff nicht das der Luft ist, sondern bedeutend mehr Stickstoff ergiebt, die

---

[1]) Compt. rend. t. LXI, p. 195 u. 322 u. LX, p. 317 u. 884. — [2]) In Zeichen $2CO = CO_2 + C$. — [3]) $CO_2 = CO + O$. — [4]) Documente betr. die Hoch- ...68. S. 37.

lysen beweisen indessen doch, dass auch im Hochofengestelle, aus chem 20 Centimeter tief vor der Form Gas entzogen wurde, wirklich er Sauerstoff vorhanden sein kann. Die Analysen plötzlich abgekühl- Gase [1]) aus dem Hochofen zu Villotte ergaben nämlich bei zwei Ver- hen I. und II.:

	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.
ıerstoff	15,24	15,75	13,15	12,33	8,00	7,30	1,21
sserstoff . . .	1,80	—	—	—	—	—	—
hlenoxyd . . .	2,10	1,30	3,31	2,10	2,40	4,02	1,42
lensäure . . .	3,00	2,15	1,04	4,20	7,12	7,72	15,02
kstoff	77,86	80,80	82,50	81,37	82,48	80,96	82,35

Cailletet fand, dass auch bei Feuerungsanlagen mit geringeren peraturen in den Verbrennungsgasen freier Sauerstoff vorhanden sei, Gase am Roste eines Schweissofens (III. und IV.) ergaben 13,5 und 33 Proc. Die Gase 15 Meter vom Roste entfernt (V. und VI.) noch) und 7,30 Proc., die letzteren Gase nach langsamer Abkühlung I.) dagegen nur 1,21 Proc. Sauerstoff. Da nun die Gase V. und VI. Mittel 5,3, die Gase VII. aber 8,2 Proc. Kohlenstoff enthalten, so müs- bei plötzlicher Abkühlung 2,9 Proc. Kohlenstoff ausgeschieden worden , welche als flüchtiger Kohlenstoff angenommen werden müssen. Es ge noch bemerkt werden, dass die Gase Nro. I. und II. einem Hochofen Villotte (Côte d'Or) entnommen wurden, welcher mit Holzkohle und 0 C. heissem Winde betrieben wird, als Beschickung ein Gemenge kieseligem Eisenstein und kalkigem Oolith erhält nnd ein Ausbringen nur 23 Proc. [2]) ergiebt.

Wenn man nun mit Cailletet aus diesen Versuchen schliessen will, s in den untersten heissen Theilen des Hochofens überhaupt nur ge- ge Mengen zusammengesetzter Gase vorkommen können, so würde n annehmen müssen, dass durch die Verbrennung der Kohle in einem hältnissmässig kalten Windstrom zuerst die zur Zerlegung der zusam- ngesetzten Gase nöthige Temperatur erzeugt werde, dass in dieser so eugten hohen Temperatur freier Sauerstoff existiren könne, dass der ztere ohne Wirkung auf die Kohle aufsteige und sich erst wieder in eren Zonen mit dem Kohlenstoff vereinige oder, was gleichbedeutend dass bei einem gewissen Temperaturgrade ein bestimmter Theil des ndstromes ohne Einwirkung auf die Kohle in den Ofen eindringe und hm aufsteige, während gleichzeitig bei dem nun herrschenden Tem- turgrade und dem bestehenden Mischungsverhältnisse der Gase ein prechender Theil Kohlenstoff gasförmig wird, bis in kühleren Theilen er eine Vereinigung eintritt. Wollte man als eigentliche Wärme- e vor den Formen etwa die Verbrennung von Eisen annehmen (wie beim Bessemerprocess), so stellte sich dieser Annahme das Factum

[1]) Compt. rend. t. LXII, p. 891. — [2]) Loc. cit.

entgegen, dass bei regelmässigem Ofengange die Schlacke überhaupt kein oder äusserst wenig oxydirtes Eisen enthält. Man ist daher wohl berechtigt zu schliessen, dass nur in kurzer Entfernung vor den Formen jene Dissociationserscheinung auftreten könne und dass die hierdurch, sowie die durch die Reduction der Kohlensäure zu Kohlenoxydgas bewirkte Temperaturerniedrigung sehr bald wieder eine Verbindung des freien Sauerstoffs herbeiführen werde [1]), was natürlich das bereits früher (Seite 213) erörterte Bestehen freien Sauerstoffs neben Kohlensäure und Kohlenoxyd in nächster Umgebung der Verbrennungsräume nicht ausschliesst.

Kohlensäure und Kohlenoxyd.

Allgemeines Verhältniss. Das Verhältniss von Kohlensäure zu Kohlenoxyd würde in den Gasen den Grad der Reduction angeben, wenn erstens die festen Materialien keine Kohlensäure enthielten und zweitens die einmal gebildete Kohlensäure nicht wieder in Kohlenoxyd reducirt werden könnte.

Percy geht über diesen Punkt zwar mit der Bemerkung fort, dass sich die Umwandlung des als wichtigstes Reductionsmittel dienenden Gases, des Kohlenoxydes, in Kohlensäure, ferner die Reduction der letzteren zu Kohlenoxyd bei hinreichender Temperatur in Folge der Gegenwart glühenden Kohlenstoffs, und endlich die Aufnahme von Kohlensäure in die Gase bei der Röstung von Kalksteinen und etwa roh aufgegebenen kohlensauren Eisenerzen von selbst verstehe: es scheinen diese Punkte indessen um so mehr einer näheren Betrachtung vom theoretischen Gesichtspunkte aus werth, als ihre richtige Würdigung auch von Einfluss auf die Praxis des Hochofenbetriebes sein muss.

Im Allgemeinen ergeben die Analysen, wie die Tabelle A. zu Seite 273 zeigt, dass der Kohlensäuregehalt der Gase schon in nächster Nähe der Form ein sehr geringer ist [2]).

Sowohl die mit Holzkohlen betriebenen Oefen von Clerval, Harmarby, weniger der von Forssjö, ferner die mit Koks betriebenen Oefen von Vienne, Ponte l'Evêque, Seraing und der mit Steinkohlen betriebene von Alfreton zeigen dies Verhältniss, da an den Formen und zum Theil einen beträchtlichen Theil des Ofenschachtes hinauf die Kohlensäure kaum 1 Vol., nur bei Forssjö 2,3 Vol. auf 100 Vol. Stickstoff beträgt. Der Ofen zu Wrbna macht die einzige Ausnahme mit einem über 17 Vol.

---

[1]) Das Verhältniss ist im Hochofen offenbar ein ganz anderes als beim Flammofen, wo die mit freiem Sauerstoff gemischten Gase nicht mehr mit Kohle in Berührung kommen, wo daher bei allmäliger Abkühlung einfach jene von Bunsen untersuchten stufenweisen Verbrennungserscheinungen (vergl. S. 213) auftreten. — [2]) Wobei man natürlich von den Tümpelgasen absehen muss.

tragenden Kohlensäuregehalt. Es ist daher der schon nach der ersten ntersuchung von Bunsen aufgestellte Satz: „Der durch das Gebläse den Ofen eingeführte Sauerstoff verbrennt, fast unmittelr über der Form, vollständig zu Kohlenoxyd" ein durchaus chtiger[1].

In höheren Regionen finden wir mancherlei Abweichungen. Beim eckerhagener Ofen schwankt der Kohlensäuregehalt ohne Regel, ähnh bei denen von Bärum und Alfreton. Bei allen übrigen Oefen zeigt ch im Allgemeinen entweder ein stetiges Steigen des Kohlensäurehaltes von der Form bis zur Gicht, oder es zeigt sich anfänglich eine eringe Abnahme oder auch ziemliches Constantbleiben der Kohlensäure den tieferen Regionen und dann eine regelmässige Zunahme derselben is zur Gicht (mit Ausnahme der Gichtgase selbst, welche zuweilen wieder rmer daran sind).

Was das Kohlenoxyd anbetrifft, so bildet dieses in den meisten Fälen die beinahe ausschliessliche Zusammensetzung der Gase neben Stickoff in der Nähe der Formen, und nimmt dann (wieder mit Ausnahme er Gichtgase selber) um so mehr ab, je höher die Entnahmestelle der iase über den Formen liegt. Diese regelmässige Abnahme zeigt sich bei den Iochöfen zu Clerval, Hammarby, Harnäs, Audincourt, Vienne und Seraing, reniger regelmässig bei den Hochöfen von Bärum, Wrbna, Forssjö, Haselfors und Pont l'Evêque, wogegen die von Veckerhagen und Alfreton, renn man bei letzterem von den Gasen der Formgegend absieht, einen nter stetem Auf- und Abschwanken im grossen Durchschnitt gleichbleienden Gehalt an Kohlenoxyd aufzuweisen haben.

Entstehung von Kohlensäure und Kohlenoxyd. Die Kohlenäure kann im Hochofen folgende Quellen haben: Sie entsteht vor den ormen durch directe Verbrennung, sie bildet sich vielleicht (wenn Deille's Ansichten für den Hochofen richtig sind) durch Ausscheidung von ohlenstoff aus Kohlenoxydgas, sie geht aus der Oxydation des Kohlenxydgases durch den Sauerstoff der Erze hervor, sie entwickelt sich aus n kohlensäurehaltigen festen Materialien und gelangt endlich in kleinen engen mit der Gebläseluft in den Ofen; da die Luft indessen kaum 04 Vol.-Proc. Kohlensäure enthält, so kann diese letzte Quelle ganz usser Betracht bleiben. Das Kohlenoxyd hat folgende Entstehungsten: Es entsteht bei der Verbrennung unmittelbar[2], es bildet sich elleicht durch Dissociation der bei der Verbrennung erzeugten Kohlenure, es ist ein Product der Kohlenstoffaufnahme in die Kohlensäure, es ein Product der Einwirkung festen Kohlenstoffs auf den Sauerstoff r festen oder flüssigen Massen. Das Verhältniss von Kohlenoxyd und ohlensäure in den Hochofengasen aus den verschiedenen Tiefen des hachtes zeigt, dass die Quellen für die Kohlensäurebildung von der

[1]) Op. cit. S. 171. — [2]) Siehe S. 213.

Form zur Gicht zunehmen, die für die Kohlenoxydgasbildung ab nehmen.

Tunner gründete auf dieses Verhältniss im Gegensatz zu Karsten, welcher die Hauptquelle des Kohlenoxydgases der oberen Schachträume in dem Reductionsprocesse der Kohlensäure sah, den Satz: Die Hauptquelle des Kohlenoxydgases, wie der für den Hochofenprocess nöthigen Wärme ist der unterste Raum des Hochofens. „Wollte man demnach," fährt Tunner fort, „in den untersten Raum eines Hochofens in Gasgeneratoren erzeugtes und wieder abgekühltes Kohlenoxydgas in grösserer Menge einführen, um an Brennmaterial zu sparen, so würde man dadurch allenfalls die Reduction in den oberen Räumen unterstützen, aber in den unteren Räumen nicht die nöthige Temperatur erhalten können, wie dies in der That bei Versuchen in St. Stefen der Fall war, wo man das dem Hochofen selbst, und zwar im Kohlensack entnommene, noch ganz heisse Kohlenoxydgas bei den Formen wieder in den unteren Raum zurückgeführt hatte [2])."

Wäre dieser Satz nicht richtig, sondern fände eine Reduction der (durch die Reduction des Eisenoxyds gebildeten) Kohlensäure durch den festen Kohlenstoff in grösserem Maasse statt als ihre Bildung, so würde der Kohlenoxydgasgehalt von der Form zur Gicht steigen, nicht sinken dürfen. In wie weit die vorhandene Kohlensäure aus der Reduction des Erzes durch Kohlenoxyd oder direct aus den Erzen und Zuschlägen stammt, lässt sich gewöhnlich nicht angeben. Nur bei dem Hochofen zu Harnäs, in welchem die festen Materialien keine Kohlensäure enthielten, giebt die Menge der Kohlensäure zugleich den Grad der Erzreduction an.

Kohlenoxyd aus directer Reduction von Erz. Während der grössere Theil des Sauerstoffs aus den Erzen durch das sich dadurch in Kohlensäure verwandelnde Kohlenoxyd entzogen wird, kann eine Reduction des Erzes auch durch directe Einwirkung festen Kohlenstoffs entstehen. Es unterliegt keinem Zweifel, dass namentlich in tieferen Theilen des Ofens, in denen sich oxydirtes Eisen, sei es in freiem Zustande, sei es an Kieselsäure gebunden in einem teigigen Zustande vorfindet, eine derartige directe Einwirkung vor sich geht. In diesem Falle wird gleichzeitig der Sauerstoffgehalt und der Kohlenstoffgehalt der Gase vermehrt. Da indessen dasselbe geschieht, wenn einmal gebildete Kohlensäure durch

[1]) Tunner, Jahrb. IX, S. 317. — [2]) Es ist bereits früher darauf aufmerksam gemacht, dass man bei diesen und ähnlichen Versuchen stets auch auf den Stickstoffgehalt Rücksicht nehmen muss, welcher auf diese Weise sich im Ofen gleichsam concentrirt. Will man dagegen, wie Schinz (Documente des Hochofens) es vorgeschlagen hat, eine Verringerung des Stickstoffgehalts herbeiführen, dann müsste man ein von Stickstoff freies Kohlenoxyd, d. h. also ein aus reiner Kohlensäure durch Reduction erzeugtes Gas mit der zu seiner Verbrennung nöthigen Luft in den Hochofen durch die Formen einblasen. Die Erzeugung eines solchen stickstofffreien Kohlenoxydgases dürfte indessen schwerlich ökonomische Vortheile bieten.

ıfnahme von Kohlenstoff aus dem Brennmaterial wieder in Kohlenoxyd ›ergeführt wird und dieses neue Theile Erz reducirt, so lässt sich aus ›r Zusammensetzung der Gase nicht ermitteln, welcher von beiden Fällen ler in welchem Maasse jeder von beiden Fällen eingetreten sei [1]).

Kohlenoxydmenge an der Gicht. Es ist interessant zu beobachn, wie gleichmässig im Durchschnitt der Kohlenoxydgehalt der Gase ıhe an der Gicht (ungefähr in $^1/_{10}$ der Ofenhöhe von Oben) ist. Es ımmen auf 100 Vol. Stickstoff

bei Veckerhagen	38,8
„ Clerval	40,7
„ „	43,1
„ „	40,7
„ Hammarby	41,2
„ Forssjö	46,5
„ Hasselfors	41,8
„ Harnäs	43,3
„ „	44,9
„ „	43,3
„ Audincourt	45,4
„ Vienne	41,6
„ Pont-l'Evêque	45,4
„ Seraing	50,6
„ Alfreton	47,0

Allein der Ofen von Bärum macht eine Ausnahme und weist nur 2,5 Vol. Kohlenoxyd auf. Hieraus ergiebt sich, dass bei einem gereelten Hochofenbetrieb im Allgemeinen der chemische Vorgang ganz derelbe und unabhängig von Höhe, Schnelligkeit des Ganges u. s. w., dass ıaher die absolute Menge des erzeugten und wirksamen Kohlenoxydgases bhängig von der Menge des eingeblasenen Windes ist, der Hochofenetrieb also um so vortheilhafter in Bezug auf Brennmaterialverbrauch in muss, je mehr Wind in gleicher Zeit eingeblasen wird. Es ergiebt ch daraus ferner, dass die Höhe des Hochofens an sich ganz gleichgültig t, dass aber eine grössere Höhe desselben, da sie einen schnelleren Gang möglicht, vorzuziehen sein wird und ihre Grenze nur in anderen Dingen, ›hin namentlich Zerdrückbarkeit der Materialien gehört, findet.

Unter sonst gleichen Verhältnissen und abgesehen von der durch e Kohlensäure der Schmelzmaterialien bedingten Aenderung der Gassammensetzung wird ein Hochofenbetrieb um so besser sein, je gerin-

[1]) Es lassen sich beide Fälle durch folgende Zeichen veranschaulichen, in ıen das vorhandene Gasgemenge durch CO_2 ausgedrückt werden möge:

1) $CO_2 + \left\{\begin{matrix} C \text{ (aus dem Brennmaterial)} \\ O \text{ (aus dem Erze)} \end{matrix}\right\}$ directe Reduction.

Vermehrung $C + O$.

2) $CO_2 + C$ (aus dem Brennmaterial) $= 2\,CO$
O (aus dem Erz) . . . . . $+ 2\,CO = 2\,CO_2$ } indirecte Reduction.

Vermehrung $C + O$.

ger der Kohlenoxydgehalt der Gase an der Gicht ist; denn da bei d
Reduction der Kohlensäure zu Kohlenoxyd durch Kohle Wärme laten
wird und diese dem Hochofenprocess verloren geht, da ferner Oxydatio
des Kohlenoxydgases zu Kohlensäure durch den Sauerstoff der Erz
Zweck des ganzen Hochofenprocesses ist, so wird aus beiden Gründe
ein geringer Kohlenoxydgehalt an der Gicht ein Beweis einer vorth
haften Hüttung sein.

Aus diesem Grunde wird man zugeben müssen, dass der Bär
Ofen und, soweit man, da Gasanalysen aus höheren Ofenschichten fehl
ersehen kann, in noch höherem Grade der Wrbna- und Kaiser-Franz-O
sehr gut geleitet waren.

Vergleicht man übrigens gleiche absolute Höhen über den For
in verschiedenen Hochöfen mit einander, so wird sich naturgemäss
Durchschnitt bei dem niedrigen Hochofen ein kohlenoxydärmeres Gas
demselben Querschnitt ergeben als bei dem höheren.

Einfluss des Brennmaterials. Im Allgemeinen scheint auf d
Verhältniss zwischen Kohlensäure und Kohlenoxyd die Art des Bren
materials wenig Einfluss zu üben. Nur in der Nähe der Formen m
der Einfluss kein unbedeutender sein, denn je leichter und je poröser
Brennmaterial ist, um so leichter wird sich auch die einmal gebild
Kohlensäure wieder zu Kohlenoxydgas reduciren. Es wird daher
Holzkohlenhochofen für dieselbe Menge eines bestimmten Erzes wenig
Brennmaterial als ein Koksofen, letzterer weniger als ein Steinkohle
hochofen, namentlich als ein Anthracithochofen, bedürfen.

Die abweichendsten Verhältnisse in höheren Ofentheilen wird natur
gemäss ein mit rohem Brennmaterial betriebener Hochofen bieten. D
gegenseitige Verhältniss zwischen Kohlensäure und Kohlenoxyd zeigt s
daher auch am ungleichförmigsten beim Alfreton-Ofen. Bunsen u
Playfair geben [1]) dafür folgende Erklärung:

„Um diese Erscheinung zu begreifen,“ sagen sie, „darf man nur d
Verhältnisse etwas näher ins Auge fassen, welchen die Möllerung in d
Ofenschacht ausgesetzt ist. Wir haben angegeben, dass die Steinkohlen d
24 Fuss langen Weg von der Ofenmündung bis an die Rast zurückleg
müssen, um ihre flüchtigen, kohlenstoffhaltigen Producte und sowohl d
hygroskopisch darin enthaltene, als auch das bei der Destillation darau
gebildete Wasser abzugeben. Wenn wir nun auch annehmen, dass d
in diesem Theile des Ofens herrschende Temperatur durch den ununter
brochen vor sich gehenden Gasificationsprocess nicht so tief erniedrig
ist, dass die Reduction des Eisenerzes dadurch verhindert wird, so wir
dessenungeachtet diese Reduction der Erze, durch welche das Kohl
oxyd in Kohlensäure verwandelt und das gegenseitige Abhängigk
verhältniss dieser Gase herbeigeführt wird, keineswegs in dieser o

1) Erdmann. Journ. f. prakt. Chem. S. 267.

öhe desselben Ofens ist eine natürliche Folge der Gasentziehung.



Hälfte des Ofens ihren regelmässigen Fortgang nehmen können. Die Erze befinden sich nämlich bei ihrem Durchgange durch den Ofenschacht zugleich unter dem reducirenden Einflusse der Ofengase und der oxydirenden Einwirkung des fortwährend aus den inneren, noch nicht verkokten Theilen der grossen Steinkohlenstücke hervordringenden Wasserdampfes. Sie sind daher fortwährend localen Oxydations- und Reductionsprocessen unterworfen, die das Verhältniss zwischen Kohlensäure, Kohlenoxyd und Wasserstoff von localen Einflüssen abhängig machen.“

Auffallende Abweichungen. Einzelne auffallende Abweichungen, wie z. B. das Verhältniss von Kohlensäure zum Kohlenoxyd in Tabelle I. Nro. 6 sind aus den verschiedenen Zeiten der Gasentnahme zu erklären. Sobald einmal einige Erzstücke in tieferen Zonen vorrollen, wird sich dort ein verhältnissmässig an Kohlensäure sehr reiches Gasgemenge vorfinden, ohne dass hieraus ein richtiger Schluss auf die Vorgänge im Hochofen gezogen werden kann.

Verschiedene Verhältnisse in demselben Querschnitte. Es ist bereits [1]) auf den abweichenden Gehalt der Gase an Kohlenoxyd und Kohlensäure in den verschiedenen Theilen desselben Horizontalquerschnittes eines Hochofens hingewiesen und das Verdienst Rinman's, auf diese Thatsache aufmerksam gemacht, den Beweis für dieselbe durch gleichzeitige Gasentnahmen vom Inneren und von den Wänden des Hochofens geführt und die richtigen Gründe aufgefunden zu haben, anerkannt worden. In den unteren Regionen des Hochofens von Harnäs zeigte sich bei ein und demselben Versuche in $^{17}/_{100}$ der Höhe über den Formen der Kohlenoxydgasgehalt auf 100 Vol. Stickstoff in der Mitte des Ofens durchschnittlich um 6,3 Vol., der Kohlensäuregehalt dagegen um nur [illegible],7 Vol. grösser als an der Wand; in $^{58}/_{100}$ der Höhe war der Kohlenoxydgasgehalt in der Mitte um 5,8 Vol. auf 100 Vol. Stickstoff geringer, der Kohlensäuregehalt um 5,2 Vol. grösser als an der Wand, mit anderen Worten: die Gase waren in den oberen Theilen des Ofens an den Wänden reicher an reducirendem und ärmer an oxydirtem Gase, sie entsprachen daher einem tieferen Querschnitte, eine Folge ihrer grösseren Geschwindigkeit, während im unteren Theile das umgekehrte Verhältniss stattfand. Dasselbe zeigt sich beim Hochofen zu Hammarby, wo in der Höhe der Gasentziehung, d. h. bei $^{75}/_{100}$ der Höhe über den Formen der Kohlenoxydgasgehalt auf 100 Vol. Stickstoff in der Mitte des Ofens sogar um 14,6 Vol. grösser als an der Wand war [2]). Das wechselnde Verhältniss an Kohlenoxyd in den einzelnen Theilen des Ofengestells findet ausserdem in dem Eindringen sauerstoffreicher Gase durch den Tümpel hinreichende Erklärung.

---

[1]) Seite 278 u. Seite 280. — [2]) Das widersinnige Verhältniss in etwas grösserer Höhe desselben Ofens ist eine natürliche Folge der Gasentziehung.

Kohlenstoffgehalt in der Kohlensäure und dem Kohlenoxyde der Hochofengase.

Die nebenstehende Tabelle B. zeigt unter den mit C. bezeichneten Rubriken die Menge des in dem Kohlenoxydgase und der Kohlensäure enthaltenen Kohlenstoffs auf 100 Vol. Stickstoff, natürlich als Dampfvolumen (vergl. S. 216) gedacht.

Entstehung. Der grösste Theil des Kohlenstoffgehalts kommt bei der Verbrennung des Brennmaterials vor der Form und der Reduction der dort gebildeten Kohlensäure durch Kohlenstoff bereits in den tiefsten Regionen des Hochofens in di[illegible]n weiterer Theil tritt in höheren Zonen des Hochofens durch [illegible] der bei der Reduction der Erze neu gebildeten Kohlensäure zu [illegible]ydgas oder durch die directe Reduction der Erze vermittelst festen K[illegible]enstoffs hinzu; der Rest entsteht grösstentheils aus [illegible] Kohle[illegible]e Erze und Zuschläge, und ein geringer Theil noch [illegible]asen, welche die Brennmaterialien bei ihrer Erhitzung [illegible]n Blick auf diese Tabelle muss die Gleichmässigkeit [illegible] [illegible]den Gasen von Form bis Gicht auffallen. Dieser [illegible] t s[illegible]st nur um 2 bis 3 Vol. auf 100 Vol. Stickstoff. [illegible]e kein [illegible]us der Kohlensäure der Materialien zu den Gasen [illegible] würd[illegible]ndiges Gleichbleiben des Kohlenstoffgehalts in allen Theilen [illegible]fens bedeuten, dass die durch Verbrennung vor der Form resp. Verbrennung und gleichzeitige Reduction zu Kohlenoxyd erzeugten Kohlensäure- und Kohlenoxydgase ihr gegenseitiges quantitatives Verhältniss nur in dem Maasse verändern, als aus dem Kohlenoxyde durch Sauerstoffaufnahme aus dem Erze Kohlensäure gebildet wird, dass aber weder Kohlensäure durch Kohlenstoffaufnahme wieder in Kohlenoxyd reducirt wird, noch eine directe Reduction des Erzes durch festen Kohlenstoff stattfindet. Es wird weiter unten gezeigt werden, wie es möglich ist, aus den Gasanalysen unter Zugrundelegung der Zusammensetzung der aufgegebenen festen Materialien das Verhältniss zwischen dem vor der Form und in höheren Zonen des Ofens verzehrten Kohlenstoff zu berechnen. Es ergiebt sich dann, dass z. B. bei dem Hochofen zu Clerval gar keine Kohle, im Hochofen zu Hammarby 7 Proc., im Hochofen zu Forssjö im Ganzen 14 Proc. [1]) der gesammten Kohlenmenge zur directen Reduction des Erzes und der Reduction der Kohlensäure zu Kohlenoxyd oberhalb der Form verbraucht wurden.

Ein directer Beweis der Kohlenstoffzunahme aus diesen Gründen wird beim Hochofen zu Harnäs geliefert, wo geröstete Magneteisensteine ohne Zuschlag aufgegeben wurden; hier kann keine Kohlensäure aus der Be-

---

[1]) Und zwar in der oberen Hälfte des Ofens schon ein bedeutender Theil, in [illegible]teren $^2/_{10}$ der Ofenhöhe nur 4 Proc.

schickung zu den Gasen hinzugekommen sein, und es muss, und zwar noch in sehr hohen Regionen des Ofens, ein wenn auch geringer Theil der Kohlensäure wieder in Kohlenoxyd umgewandelt sein oder eine directe Reduction des Erzes stattgefunden haben, da der aus den gasförmigen Producten der Kohle gewonnene Kohlenstoff den Gesammtzuwachs an Kohlenstoff in den Hochofengasen nicht deckt.

Abnahme des Kohlenstoffgehaltes. Eine Abnahme des Kohlenstoffgehaltes der Gase ist ein Beweis von Festwerden des Kohlenstoffs, oder von Absorption kohlenstoffhaltiger Gase durch die flüssigen Massen. Ersteres kann durch zwei Ursachen, durch Dissociation von Kohlenstoff aus Kohlenoxyd und Kohlensäure, oder durch Kohlung des reducirten Eisens, d. h. die Umwandlung desselben in Roheisen durch den Kohlenstoff der Gase geschehen. Die meisten Analysenreihen, wie die von den Oefen zu Bärum, Clerval, Wrbna, Hammarby, Hasselfors, Vienne, Seraing und Alfreton, zeigen eine Verringerung des Kohlenstoffgehalts in den tiefsten Theilen, bei anderen sind nicht hinreichend viele Gase für eine Beurtheilung entnommen worden, und nur der Ofen von Pont-l'Evêque widerspricht doch auch nur scheinbar der Regel, denn wenn man von den wenig maassgebenden Analysen der Gase aus der Nähe des Tümpels absieht, findet auch hier eine Abnahme des Kohlenstoffgehalts bis zu $^3/_{10}$ der Höhe statt. Die Dissociation kann, wie bereits ausgeführt, keinen bedeutenden Einfluss auf die gefundene Zusammensetzung der Gase ausüben; eine Aufnahme kohlenstoffhaltiger Gase in das flüssige Roheisen findet nur in sehr geringem Maasse statt; die Abnahme des Kohlenstoffs ist daher im Wesentlichen der Kohlung des Eisens zuzuschreiben.

Wasserstoff der Hochofengase.

In allen Analysen, in welchen Wasserstoff bestimmt wurde, ward er auch in der That gefunden und zwar in allen Tiefen des Ofens. Er hat seinen Ursprung wesentlich in dem Wasser der Luft und in dem Wasserstoffgehalt der Brennmaterialien. Eine Zersetzung des mit den festen Materialien in den Ofen gelangenden hygroskopischen Wassers oder des Hydratwassers (bei Brauneisenerzen) kann nicht stattfinden, da die Temperaturen, bei denen dieses Wasser ausgetrieben wird, nicht zur Zersetzung desselben ausreichen. Der Wasserstoffgehalt nimmt naturgemäss im Allgemeinen von der Form zur Gicht (oder bis zur Gasentziehung) zu. Dieser Annahme entsprechen im Allgemeinen die Gasanalysen von Clerval, Hammarby, Hasselfors und Harnäs, weniger die von Forssjö und Veckerhagen, gar nicht die von Bärum. Diese Verhältnisse sind in der Tabelle B. zu Seite 290 unter der Rubrik II. übersichtlich zusammengestellt.

Den Wasserstoffgehalt an den Formen darf man zum grössten Theil dem Wassergehalt der Luft zuschreiben und erhält dann als Hälfte desselben den zugehörigen Sauerstoffgehalt. Dieser Wasserstoffgehalt ent-

spricht zugleich der Wasserdampfmenge auf 100 Vol. Stickstoff in de
Atmosphäre. Nimmt man die mittlere Zusammensetzung der letzteren z

78,492	Vol.-Proc.	Stickstoff,
20,627	„	Sauerstoff,
0,840	„	Wassergas,
0,041	„	Kohlensäure etc.

an [1]), so kommen auf 100 Vol. Stickstoff allerdings nur 1,07 Wasserga
und also eben so viel Wasserstoffgas.

Den höheren Wasserstoffgehalt in der Nähe der Form kann man indesser
ohne Bedenken durch Zersetzung des Wasserdampfes erklären, welcher vor
dem feuchten Gestübbe am Tümpel, aus den Verschlüssen und Dichtungen
der Formen mit nassem Thon und ähnlichen Substanzen in den Heerd dringt.

In der höheren Ofentheilen rührt eine Zunahme des Wasserstoffgehalts w[illegible] Destillationsproducten des Brennmaterials, [illegible] issociation der Kohlenwasserstoffe. Der hohe W[illegible] en des mit rohen Steinkohlen betriebenen Hoc[illegible] ens zu [illegible] daher nicht auffallen. Merkwürdiger ist der oft seh[illegible] alt an Wasserstoff in Oefen, welche mit verkohltem B[illegible] werden. Wenn auch hinsichtlich der Analysen des [illegible] von [illegible] 341) wegen der analytischen Methode Ebelmen's [illegible] te [illegible] chen könnten, da, wie Bunsen nachgewiesen h[illegible] m [illegible] statt eines Gehalts von 5,82 Proc. Wasserstoff, ei[illegible] Grubengas und 0,00 Proc. Wasserstoff geben kann, s[illegible] gfältigen Analysen Rinman's die Möglichkeit eines noch höheren Wasserstoffgehalts nachgewiesen.

Bei den meisten Oefen zeigt sich eine Verminderung des Wasserstoffgehalts in der oberen Hälfte des Schachtes.

Nimmt man an, dass der Wasserstoff als starkes reducirendes Agens sich mit dem Sauerstoff der Erze verbindet, so muss doch in Folge der sofort wieder eintretenden Zersetzung des gebildeten Wasserdampfes durch die glühenden Kohlen das alte Verhältniss so lange wieder hergestellt werden, bis in höheren Zonen die Temperatur so weit gesunken ist, dass zwar eine Erzreduction, aber keine Wasserzerlegung mehr stattfindet, wonach dann der Wasserdampf in den Gasen als solcher, nicht mehr in Form von Wasserstoff und an Kohle gebundenem Sauerstoff erscheint. Müller [3]) hat nachgewiesen, dass Brauneisenerz schon bei 277°, feuchtes Eisenoxyd bei 285°, stark geglühtes Eisenoxyd bei 315° C. durch Wasserstoff reducirt wird.

Ob eine Wasserstoffverminderung auch dadurch entsteht, dass die Kohle in höheren Zonen des Ofens Wasserstoff absorbirt und ihn erst in tieferen Zonen wieder abgiebt, oder dadurch, dass der Wasserstoff durch die Wände des Hochofens diffundirt, darüber liegen noch keine Erfahrungen vor.

---

[1]) D. h. einer Temperatur von 20° entsprechend (vergl. S. 79). — [2]) Erd-'s Journ. f. prakt. Chem. 42, S. 153. — [3]) Poggend. Annal. 1869. Nr. 1.

Kohlenwasserstoff in den Hochofengasen.

enwasserstoffe kommen in den Hochofengasen als Sumpf- und s (leichtes und schweres) Kohlenwasserstoffgas vor. Zuerst von ntdeckt, wurden sie von Ebelmen bei seinen ersten Analysen späterhin aber bei Wiederholung der Untersuchungen gleich- gewiesen. Leichtes Kohlenwasserstoff kommt meist von 1 bis 4 , bei Anwendung roher Steinkohlen im Alfreton-Ofen bis 8,23 vor, ölbildendes Gas zeigte sich nur in dem mit rohen Stein- triebenen Alfreton-Ofen bis nicht ganz zur Hälfte von der Gicht und zwar von oben herab zunehmend bis auf $^4/_{10}$ der Tiefe, s abnehmend. Offenbar ist dies aus der Destillation der Kohle Gas bei $^5/_{10}$ der Tiefe vollständig ausgetrieben, während etwas stärkste Entwickelung stattfindet. Beim Aufsteigen zersetzt es ichtes Kohlenwasserstoffgas und Kohlenstoff. Das Sumpfgas sich dagegen oft noch bis zu einer Tiefe nahe der Form, und llen Brennmaterialien, bei Holzkohle sowohl wie bei Koks und ı.

len Einfluss zu zeigen, welchen bei Anwendung roher Stein- n durch Destillation erzeugte Kohlenwasserstoffe auf die Zusam- g der Gichtgase ausüben, untersuchten Bunsen und Playfair m Hochofen zu Alfreton benutzten Steinkohlen für sich und s das Verhältniss der durch Destillation der rohen Steinkohlen n Producte zu den durch Verbrennung der rückständigen Koks erzeugten Gasen dem Volumen nach folgendes sei:

h Verbrennung erzeugte Gase	Stickstoff	62,423
	Kohlenoxyd	32,788
h Destillation erzeugte Gase	Kohlenoxyd	0,380
	Grubengas	2,527
	Kohlensäure	0,139
	Oelbildendes Gas	0,151
	Schwefelwasserstoff	0,091
	Wasserstoff	1,431
	Ammoniak	0,070
		100,000

igte ferner, dass wenn die Destillationsproducte der Steinkohle len Kohlen in Berührung kommen, deren flüssige Bestand- r und Wasser, durch Zersetzung sich vermindern, und da- enoxyd, Wasserstoff und ölbildendes Gas an ihre Stelle treten. n die Anwendung dieses Erfahrungssatzes auf den Hochofen- elmen anführt, dass unmöglich unzersetzte Theerdämpfe in in welcher die Kohlen glühen, existiren könnten, so vernach- e Thatsache, dass die Kohlen in grossen Stücken aufgegeben ren Inneres noch Theerdämpfe entwickeln kann, wenn die n längst verkokt und glühend ist.

Berechnungen aus der Zusammensetzung der Hochofengase.

Formeln.

1. Berechnung des pro Satz fester Materialien vor den Formen verbrauchten Sauerstoffs und verzehrten Kohlenstoffs. Wird mit O die Gewichtsmenge Sauerstoff bezeichnet, welche in einem Satz fester in den Hochofen geschütteter Materialien enthalten ist, ferner mit s das Sauerstoffvolumen, welches im Gebläsewinde auf 100 Vol. Stickstoff kommt, [illegible] n, welches in den Gichtgasen auf 100 Vol. [illegible] ebt sich die Gewichtsmenge Sauerstoff, welche aus [illegible] atze fester Materialien entspricht aus der Gleichung:

$$(S - [illegible]\; s : x.$$

Dies x braucht vor den F[illegible] an Kohlenstoff zur Bildung von Kohlenoxydgas.

2. Ber[illegible] tverbrauchs an Kohlenstoff. Nimmt das [illegible] eisen c Gewichtstheile Kohlenstoff auf und w[illegible] nstoff zur directen Erzreduction (durch feste [illegible] elst fester Kohle zu Kohlenoxyd reducirtes Kohlensäuregas) verbraucht, so ist $(^6/_8\, x + c + \zeta)$ der überhaupt verbrauchte Kohlenstoff. Ist nun Z der Kohlenstoffgehalt der pro Satz aufgegebenen Brennmaterialien (nach Abzug von Asche und flüchtigen Gasen), so bedeutet $Z - (^6/_8\, x + c + \zeta)$ den effectiven Verlust an Kohle (hervorgerufen durch Verstäuben, mechanische Fortführung durch die Gichtgase, Abscheidung aus Kohlenoxyd in hoher Temperatur u. s. w.).

3. Sauerstoffgehalt der Gase von der Erzreduction. $(S - s)$ ist das nicht aus der Gebläseluft stammende Sauerstoffvolumen pro Satz. Die Gewichtsmenge O ist die Summe von dem Sauerstoff o', welcher in der Kohlensäure der Erze und Zuschläge enthalten ist, dem Sauerstoff o'', welcher in der Kohlensäure der Kohlen [1]), dem Sauerstoff o''', welcher in dem Kohlenoxyd [1]) der Kohlen enthalten ist, und dem Sauerstoff des Erzes (Oxydsauerstoff) o''''.

Das nicht aus den Erzen und nicht aus der Gebläseluft stammende Sauerstoffvolumen pro 100 Vol. Stickstoff ist demnach

$$\frac{(o' + o'' + o''')\,(S - s)}{O} = A,$$

---

[1]) Seite 281.

das aus den Erzen herrührende Sauerstoffvolumen auf 100 Vol. Stickstoff $= (S - s) - A = \Omega$.

4. Kohlensäure aus der Erzreduction. In der Kohlensäure der Erze und Zuschläge sind enthalten $\frac{o' (S - s)}{O}$ Vol. Sauerstoff und daher eben so viel Kohlensäure auf 100 Vol. Stickstoff, in der Kohlensäure der Kohlen $\frac{o'' (S - s)}{O}$ Vol. Sauerstoff, und daher eben so viel Kohlensäure, also zusammen $\frac{(o' + o'') (S - s)}{O}$ Vol. Kohlensäure. Sind nun in den Gichtgasen K Vol. Kohlensäure auf 100 Vol. Stickstoff enthalten, so müssen $K - \left(\frac{(o' + o'') (S - s)}{O}\right) = K''$ Vol. Kohlensäure aus der Erzreduction entstanden sein.

5. Berechnung der zur directen Erzreduction verbrauchten Kohlenstoffmenge. Im Kohlenoxyd der Brennmaterialien sind o''' Gewichtstheile Sauerstoff oder $\frac{o''' (S - s)}{O}$ Vol. Sauerstoff auf 100 Vol. Stickstoff, d. h. $2 \cdot \frac{o''' (S - s)}{O}$ Vol. Kohlenoxyd enthalten. Ist das Kohlenoxydgasvolumen auf 100 Vol. Stickstoff in den Gasen $= k$, so müssen, da $2s$ das vor den Formen auf 100 Vol. Stickstoff erzeugte Kohlenoxydgasvolumen ist, $2s - \left[k - 2 \cdot \frac{o''' (S - s)}{O}\right] = k''$ Vol. Kohlenoxyd durch Erzreduction in eben so viel Kohlensäure umgewandelt worden sein. Die Differenz $K'' - k''$ giebt daher das Kohlensäurevolumen an, welches aus directer Reduction des Erzes durch Kohle, beziehungsweise durch vorher aus Kohlensäure vermittelst fester Kohle reducirtes Kohlenoxyd entstanden ist. Ist $K'' - k'' = 0$, so ist keine solche directe Reduction eingetreten. K'' kann natürlich niemals kleiner als k'' sein.

Beispiel (Hochofen zu Hammarby).

Diese Rechnungen lassen sich am besten an einem Beispiel erläutern und es möge hierzu die von Rinman gelieferte Berechnung der Gasanalysen des Hochofens zu Hammarby dienen.

Die Beschickung, welche S. 243 angegeben ist, liefert beim Erhitzen an Gasen von jedem Satze:

Pos.	Material.	Kohlensäure. Gew.-Thle.	Kohlenoxyd. Gew.-Thle.	Sauerstoff. Gew.-Thle.	Kohlenstoff. Gew.-Thle.
1.	Erz u. Zuschläge .	70	—	51	19
2.	Holzkohle [1]) . . .	13,4	—	9,8	3,6
		—	6,6	3,9	2,1
3.	Erz (Magneteisen).	—	—	139,0	—
4.	Zusammen	—	—	203,7 (O)	24,7

In den Gasen ist enthalten [illegible] Vol. Stickstoff:

Pos.	Gasart.	Volum Sauerstoff.	Bemerkungen.
		[illegible] zen:	
5.	Gichtgas . .	44,6 [illegible] (S)	Vergl. Tab. VIII, S. 223.
6.	Gebläsewind	2[illegible] (s)	aus der trocknen Luft aus 2 Proc. Feuchtigkeit
7.	Differenz ($S-s$)	[illegible]	d. h. Sauerstoff in den Gichtgasen, welcher nicht vom Winde herrührt.

Hiernach müssen äquivalent sein 17,1 Vol. Sauerstoff = 203,7 Gew.-Thle. Sauerstoff, der Sauerstoff im Gebläse = x ist daher zu finden aus der Gleichung 17,1 : 203,7 = 27,5 : x und beträgt 327,7 Gwthle. Auf 327,7 Gwthle. Sauerstoff gehören zur Kohlenoxydgasbildung $^6/_8$ mal so viel = 245,7 Gwthle. reiner Kohlenstoff.

Nimmt man nun nach der Analyse an, dass das Roheisen (welches aus einem Satz erzeugt ist) 16 Gwthl. Kohle aufnimmt und dass (wie nachgewiesen werden wird) 19 Vol. Kohle zu directer Reduction von Erzen verbraucht werden, so erhält man den Gesammtverbrauch ($^6/_8\,x + c + \zeta$) = 280,7 Gwthle. Kohle.

Nach angestellten Ermittelungen ergab sich nach Abzug der flüchtigen Bestandtheile und der Asche der Kohle ein Gewicht pro Satz von 302,4 Gwthln. Kohlenstoff (Z), also 21,7 Gewthle. mehr als aus obiger Rechnung gefunden.

Die 17,1 Vol. Sauerstoff, welche in den Gasen der Gicht allen Sauerstoff repräsentiren, der aus Kohle und Beschickung rührt, lassen sich folgendermassen nachweisen:

[1]) [illegible] Luftabschluss erhitzt.

Gewthle. Sauerstoff des Kalksteins (o') geben auf 100 Vol. Stickstoff	. . . $\frac{51 \times 17{,}1}{203{,}7}$ =	4,3 Vol.
Gewthle. Sauerstoff der Kohlensäure der Kohlen (o'') geben auf 100 Vol. Stickstoff	. . . $\frac{9{,}8 \times 17{,}1}{203{,}7}$ =	0,9 "
Gewthle. Sauerstoff des Kohlenoxyds (o''') geben auf 100 Vol. Stickstoff	. . . $\frac{3{,}9 \times 17{,}1}{203{,}7}$ =	0,3 "
		5,5 Vol. (A).

ithin bleiben $(S - s) - A = 17{,}1 - 5{,}5 = 11{,}6$ Vol. Sauerstoff für e Erze.

In den Gasen befinden sich auf 100 Vol. Stickstoff 24,0 Kohlensäure (K) und 41,2 Kohlenoxyd (k). Kalkstein und Brennmaterial haben zummen 5,2 Vol. Kohlensäure. Der Rest, $K'' = 24{,}0 - 5{,}2 = 18{,}8$ Vol., ldet sich daher durch Erzreduction.

Von 41,2 Vol. Kohlenoxyd (k) kommen 0,6 Vol. $\left(\text{d. h. } 2 \cdot \frac{o'''(S-s)}{O}\right)$ s den Kohlen; der Rest, $= 41{,}2 - 0{,}6 = 40{,}6$ Vol., enthält 20,3 Vol. uerstoff und ist um so viel, wie Kohlenoxyd durch Erzreduction in ohlensäure verwandelt worden, geringer, als die Menge des in der Formhe erzeugten Kohlenoxyds. An der Form werden mit 27,5 Vol. Sauerstoff (s. oben) $2s = 2 \times 27{,}5 = 55{,}0$ Vol. Kohlenoxyd erzeugt. Mithin nd $k'' = 55{,}0 - 40{,}6 = 14{,}4$ Vol. Kohlenoxyd durch Erzreduction in ohlensäure verwandelt. Diese 14,4 Vol. Kohlenoxyd geben ebensoviel ohlensäure. Nun waren aber als aus Erzreduction hervorgegangene K'' = 18,8 Vol. Kohlensäure gefunden, folglich 4,4 Vol. mehr. Diese müssen Folge directer Reduction des Erzes durch Kohle entstanden sein.

s Kohlenoxyd entstanden bei der Erzreduction 14,4 Vol. Kohlensäure mit einem Verbrauch von . . . . 7,2 Vol. Sauerstoff,
s Kohle entstanden 4,4 Kohlensäure mit einem Verbrauch von . . . . 4,4 " "

Der Gesammtverbrauch = 11,6 Vol. Sauerstoff

also gleich dem oben angegebenen Sauerstoffgehalte des Erzes.

6. Reductionsgrad.

Will man sich Rechenschaft über den Grad der Reduction des Erzes irgend einem Ofentheil auf Grund der Gaszusammensetzung geben, so man von dem Gasgemenge zuvörderst das Kohlensäurequantum abzuhen, welches aus den Schmelzmaterialien entwickelt wurde. Dasselbe nn indessen nur durch Analogie annäherungsweise bis zu den Gegenden mittelt werden, wo überhaupt alle Kohlensäure ausgetrieben ist. Hat n nun aus einer in vorher angegebener Weise ausgeführten Rechnung funden, dass das Erz im Ganzen Ω Volum Sauerstoff abgiebt, so hat n zuvörderst aus dem Wasserstoffgehalt an der Form H[1]) den dem asser des Windes zugehörigen Sauerstoffgehalt $\frac{H}{2}$ zu berechnen, diesen

[1]) Alles auf 100 Vol. Stickstoff bezogen.

von dem Sauerstoffgehalt des Gasgemenges σ abzuziehen und von der Differenz 26,5, d. h. die Menge Sauerstoff zu subtrahiren, welche der Kohlenstoff in der Luft zu Kohlenoxyd verbrannt verbrauchen würde [1]). Das Verhältniss dieser Differenz D zum Sauerstoff Ω giebt den Reductionsgrad des Erzes an.

Beispiel (Hochofen zu Forssjö).

Es enthalten die 31 Fuss 11,7 Zoll (10,035 Meter) tief entnommenen Gase des Hochofens zu Forssjö 30,8 Vol. Sauerstoff auf 100 Vol. Stickstoff, dem Wassergehalt der Gebläseluft entsprechen circa 0,5 Vol. $\left(\frac{H}{2}\right)$ Sauerstoff, es bleiben mithin $\left(\sigma - \frac{H}{2}\right) = (30{,}8 - 0{,}5) = 30{,}3$ Vol. Sauerstoff übrig. Hiervon 26,5 Vol. abgezezogen giebt $D = 30{,}3 - 26{,}5 = 3{,}8$. Nun ergiebt die Rechnung, dass das Erz im Ganzen 11,6 Vol. Sauerstoff (Ω) abgiebt, folglich ist an der Stelle, wo das Gas entnommen wurde, $\frac{D}{\Omega} = \frac{3{,}8}{11{,}6}$ = circa $1/3$ der ganzen Erzmasse noch unreducirt.

Temperatur der Hochofengase.

Diejenige Temperatur, welche in dem Capitel über die Gebläse (S. 186, 192 u. 205) für das Innere des Hochofens berechnet wurde, ist, wie schon am betreffenden Orte auseinandergesetzt, eine gegen die Wirklichkeit zu hohe. Die Wärme, welche durch Verbrennung der Kohlen, gleichgültig ob zu Kohlensäure, zu Kohlenoxyd oder zu beiden Gasen, entwickelt wird, überträgt sich nicht nur auf die Verbrennungsgase und den mit ihnen gemischten Stickstoff der atmosphärischen Luft, sondern auch auf die sämmtlichen niedergehenden Materialien, die allein zum Uebergange aus dem festen in den flüssigen Aggregatzustand eine grosse Menge Wärme erfordern. Ebenso würde die aus der Zusammensetzung der Gase an sich berechnete Temperatur in höheren Theilen des Ofens zu hoch ausfallen. Eine auf Richtigkeit Anspruch machende Rechnung lässt sich daher nur vornehmen, wenn die Veränderungen der niedergehenden festen Substanzen in chemischer und physikalischer Beziehung bekannt sind und die Kenntniss dieser Veränderungen wird erst das folgende Capitel bringen. Dagegen trägt es umgekehrt zum Verständniss der letzteren bei, die durch Beobachtungen gefundenen Temperaturen der Gase zu kennen.

Die ersten directen Bestimmungen der Temperaturen von Hochofengasen rühren von Ebelmen [2]) und wurden an denselben Oefen von Audincourt und Pont l'Evêque vorgenommen, von denen die Gasanalysen

---

[1]) Kohlenstoff zu Kohlenoxyd verbrannt giebt auf 100 Vol. Stickstoff 53,0 Vol. [Kohl]enoxyd, d. h. 26,5 Vol. Kohlenstoff und 26,5 Vol. Sauerstoff. — [2]) Annal. [des M]ines IV. sér. t. V, p. 19 u. f. und Annal. des Mines. t. XX, p. 409.

in Tabelle XII. und XIV. S. 229 und 231 mitgetheilt worden sind; weitere Versuche sind von Tunner, Rinman, Fernqvist und Bell angestellt.

I. Hochofen zu Audincourt.

Die Versuche an diesem bei kaltem Winde mit Holzkohlen betriebenen Ofen wurden drei Wochen nach dem Anblasen ausgeführt, zu welcher Zeit man auf 306 Kilogrm. (1,53 Ctr.) Erze 5 Hectoliter oder 115 Kilogrm. (57,5 Pfd.) Gewicht an Holzkohlen verbrauchte und graues Roheisen erzeugte. Die Temperaturbestimmungen geschahen durch Metallstückchen, welche vermittelst eiserner mit Grübchen versehener Stangen in den Ofen gebracht wurden.

1. An der Gicht fand Ebelmen eine Temperatur von weniger als 112° (Schmelzpunkt des Schwefels) bei gefülltem Ofen, und von 112 bis 200° (Schwefel zeigte sich sehr flüssig, Zinn schmolz noch nicht) bei niedergegangener Beschickung.

2. Im Schachte, 8,04 Meter unter der Gicht, 0,63 Meter unter dem Kohlensack (wo die Gase die Zusammensetzung der Tabelle XII. Nro. 6 hatten) schmolz Silber, aber nicht Kupfer innerhalb 15 bis 20 Minuten, die Temperatur lag also zwischen 1023° (nach Becquerel 960°) und 1173° C.

3. 0,90 Meter über der Form schmolz sowohl Gold (1102°, nach Becquerel 1092° C.) als Kupfer nach 20 Minuten, während Eisen beinahe weissglühend in dieser Zeit geworden war. Die Temperatur lag nach Ebelmen also über 1173° C.

4. Vor der Form schmolz Eisen fast sofort, eine Stange von 2 Centimeter Durchmesser auf 0,25 Meter Länge innerhalb 1/2 Minute. Ebenso schmolz Porzellan beinahe augenblicklich. Es wurden mithin nach Pouillet's Annahme 1600°, nach gewöhnlicher Annahme 1900 bis 2100° C. überschritten.

II. Hochofen von Pont l'Evêque.

Der mit Koks betriebene Ofen, dessen Gasanalysen in Tabelle XIV. S. 231 mitgetheilt sind, wurde 29 Tage nach dem Anblasen auf seine Temperatur geprüft, zu welcher Zeit bereits die Gichtgasentziehung im Gange war. Ebelmen fand:

1. An der Gicht. Bei gefülltem Ofen floss Zinn, nicht aber Blei, die Temperatur lag also zwischen 230° und 334°. Bei niedergegangener Beschickung schmolz Blei und Zink, aber noch nicht Antimon, die Temperatur lag also zwischen 411° und 512°.

2. Im Kohlensack. Kupfer schmolz nach 15 Minuten, weisses Roheisen nicht. Die Temperatur lag also über 1173°.

3. 0,67 Meter über der Form schmolz Gold und Kupfer leicht; eine runde Eisenstange von 9 Millim. Durchmesser schmolz ebensowenig

wie Porzellan innerhalb 15 Minuten Verweilens im Ofen. Die Temperatur lag also weit über 1173° C.

4. 0,29 Meter über der Form wurde ein runder Eisenstab von 9 Millimeter Durchmesser erst in 3/4 Minuten schweisswarm, schmolz aber schon vor Ablauf von 1 1/2 Minuten auf eine Länge von 0,20 Meter vollständig.

5) An der Form schmolz eine 9 Millimeter starke Eisenstange auf 0,31 Meter Länge in weniger als 1/2 Minute, und Porzellan fast sogleich. In den beiden letzten Fällen sind also mehr als 1600° (resp. 1900° bis 2100° C.) vorhanden.

Ebelmen schliesst aus diesen Bestimmungen an den genannten beiden Oefen, dass in allen Zonen eines Koksofens die Temperatur höher sei, als in den entsprechenden Theilen eines Holzkohlenhochofens. Freilich ist der Vergleich im vorliegenden Falle nicht günstig gewählt, weil der Hochofen zu Audincourt mit kaltem Winde, der von Pont l'Evêque mit heissem Winde arbeitete.

Ebelmen erklärt die Temperaturverschiedenheit beider Ofengattungen folgendermassen: Die Temperatur der niedergehenden festen Substanzen ist abhängig von der fühlbaren Hitze des aufsteigenden Gasstromes. Das Volumen dieses Gasstromes ist fast proportional der Menge des angewendeten Brennmaterials, und da diese letztere viel grösser im Koks- als im Holzkohlenhochofen auf ein bestimmtes Gewicht Erz ist, so muss auch die Temperatur im ersteren höher, als im letzteren sein. In Holzkohlenhochöfen kommen auf 100 Gewthle. Roheisen 100 bis 150 Theile Holzkohle, oder 90 bis 135 Gewthle. Kohlenstoff, während in dem zum Vergleich gewählten Koksofen 200 bis 285 Theile Koks oder 170 bis 242 Theile Kohlenstoff auf 100 Gewichtstheile Roheisen kamen.

III. Hochöfen von Eisenerz und St. Stefen.

Diese Temperaturbestimmungen hat Tunner, nachdem ein langer, fast zwanzigjähriger Zeitraum verflossen war, ohne dass man auf Ebelmen's Anregung, weitere Forschungen auzustellen, eingegangen wäre, im Jahre 1859 wieder aufgenommen [1]). Sie wurden an den Hochöfen angestellt, deren Gase die in Tab. V. und VI., S. 221 mitgetheilte Zusammensetzung zeigten.

Die Bestimmung der Temperatur wurde bis zum Schmelzpunkte des Bleies (320° C.) mit dem Quecksilberthermometer, höher hinauf durch Legirungen vorgenommen, deren Zusammensetzung in der folgenden Tabelle namentlich deshalb mitgetheilt ist, weil bei der Unzuverlässigkeit alle[r bis]herigen pyrometrischen Messungen die Annahme der Schmelztempera[turen], welche einzelnen Metallen und besonders deren Legirungen zu

[1]) Hüttenm. Jahrbuch IX, S. 290 u. f.

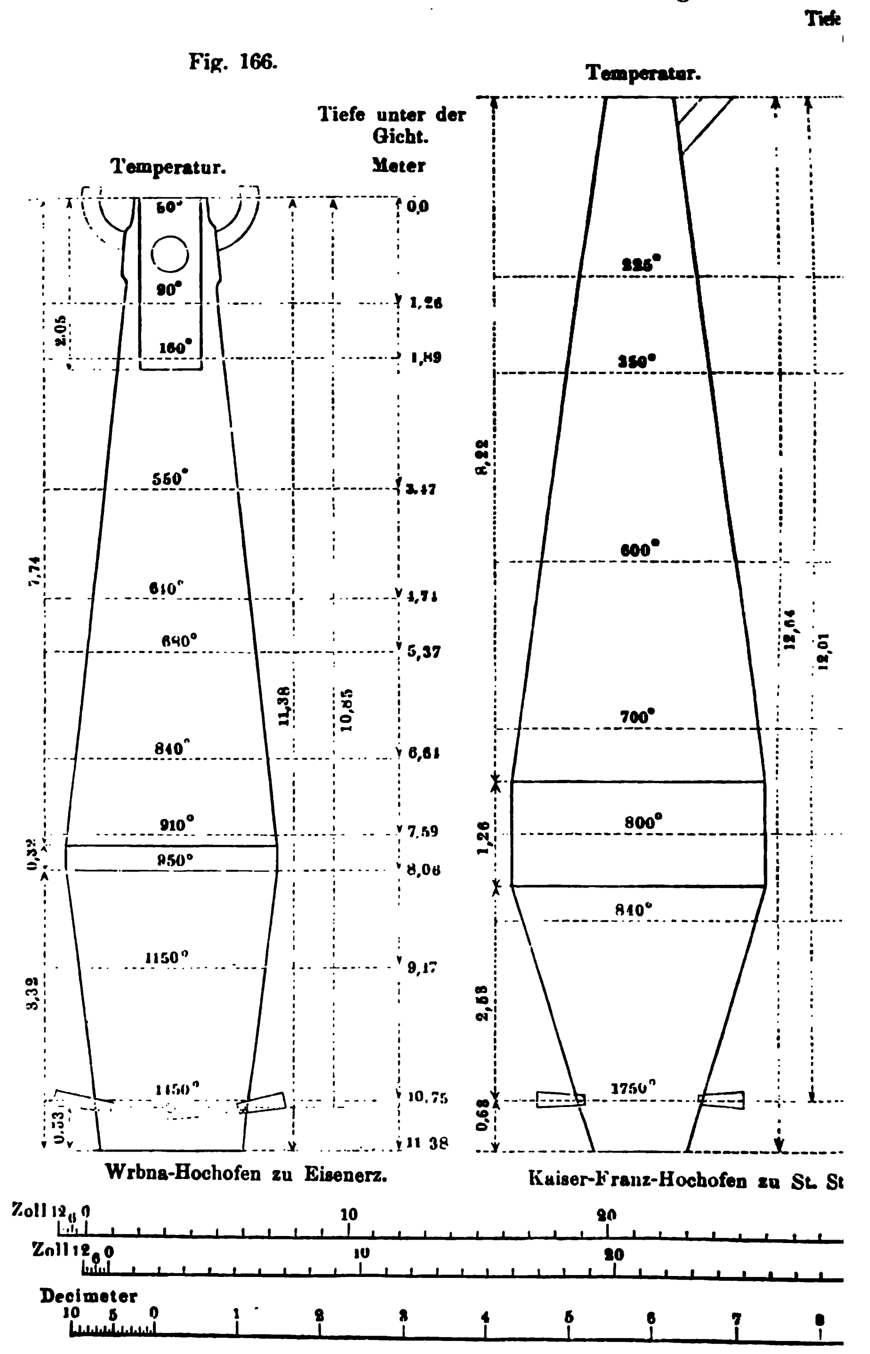
ommen, sich häufig geändert hat und voraussichtlich noch oft ändern ird.

Nummer.	Legirung aus Blei.	Silber.	Gold.	Platin.	Angenommene Schmelztemperatur.
	Gewichtstheile.				Grad C.
1	9	1	—	—	400
2	8,5	1,5	—	—	440
3	8	2	—	—	470
4	7,5	2,5	—	—	505
5	7	3	—	—	540
6	6,5	3,5	—	—	575
7	6	4	—	—	610
8	5,5	4,5	—	—	645
9	5	5	—	—	680
10	4,5	5,5	—	—	715
11	4	6	—	—	750
12	3,5	6,5	—	—	780
13	3	7	—	—	815
14	2,5	7,5	—	—	850
15	2	8	—	—	885
16	1,5	8,5	—	—	920
17	1	9	—	—	955
18	0,6	9,4	—	—	980
19	—	9,5	0,5	—	1030
20	—	7	3	—	1050
21	—	4,5	5,5	—	1070
22	—	2	8	—	1090
23	—	—	10	—	1100
24	—	9	—	1	1175
25	—	8,5	—	1,5	1250
26	—	8	—	2	1325
27	—	7,5	—	2,5	1400
28	—	7	—	3	1475
29	—	6,5	—	3,5	1550
30	—	5	—	5	1625

Tunner fand, dass das weissstrahlige Roheisen etwas leichtflüssiger s Nro. 30 sei, und nahm dessen Schmelzpunkt zu 1600° an, während dem grauen Holzkohleneisen einen Schmelzpunkt von ungefähr 1700°, m harten Stahl einen solchen von circa 1850° und dem harten Stabsen von circa 2000° zuertheilte.

Die erhaltenen Temperaturen sind in die beiden Figuren 166 und 7 (a. f. S.) an den Stellen eingetragen, wo sie ermittelt wurden.

Es muss noch einiger Experimente Tunner's gedacht werden, welche ar nicht den Temperaturgrad, wohl aber die Vertheilung der Hitze r den Formen angeben. Es wurden zu diesem Zwecke Eisenstangen rch die Formen oder durch ein der hinteren Form gegenüber angeachtes Loch theils horizontal, theils aufwärts eingeführt und ergaben in den Figuren 168 und 169 (s. S. 303) dargestellte Erscheinung,



Wrbna-Hochofen zu Eisenerz.

Kaiser-Franz-Hochofen zu St. St

wobei die dunklen Stellen die am heissesten (schweisswarm) gewordenen Theile, die ganz hellen Stellen dagegen nur dunkelglühende Theile bezeichnen.

Fig. 168.

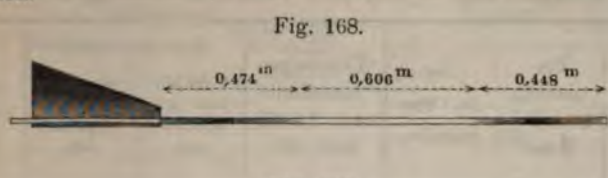
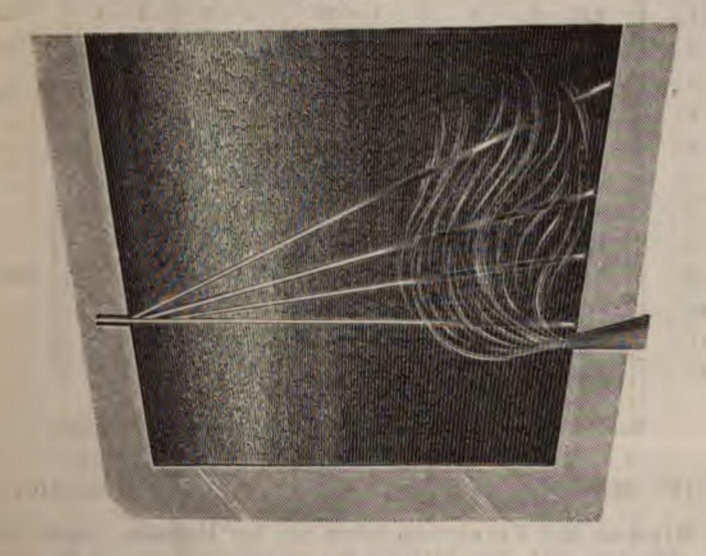


Fig. 169.



Der in Fig. 168 abgebildete Stab wurde von einer Form bis zu der gegenüber liegenden durchgestossen und $^3/_4$ Minuten in dieser Lage belassen. Vor jeder Form war circa 10 bis 15 Centim. von deren Mündung entfernt eine 15 Centim. lange schweisswarme Stelle, während die Mitte auf circa 60 Centim. Länge sich kaum dunkel rothglühend zeigte.

Die in Fig. 169 abgebildeten Stäbe waren gebogen, wurden durch eine Oeffnung in der Brust des Ofens eingeführt und unter Winkeln von 9, 16 und 23 Grad bis zur gegenüberliegenden Wand oberhalb der Form gebracht.

Es geht hieraus hervor, dass sich in diesen Hochöfen bei jeder Form ein eigener Verbrennungsraum gebildet hatte, in dessen Mitte sich die heisseste Stelle (hier kaum 15 Centim. breit) befand. Nach oben zu verringerte sich (wie Fig. 169 ersichtlich macht) die Temperatur wieder, während die relativ heissesten Stellen eine grössere Breite einnahmen. Diese heissesten Stellen lagen nicht zusammen, sondern in zwei Theile getrennt.

Diese Untersuchungen Tunner's setzte Stockher im folgenden

Jahre an dem Wrbna-Ofen zu Eisenerz fort, welcher noch in ununterbrochenem Betriebe war und sich nur etwas erweitert hatte [1]).

Die Resultate sind in folgender Tabelle zusammengestellt:

Laufende Nummer.	Eingesenkt auf Meter.	Zeit im Ofen. Stunden.	Legirungsnummern nach Tabelle Seite 301.	Hiervon waren vollkommen geschmolzen.	Hiervon waren an den Kanten abgerundet.	Entsprechende Temperatur. Grad C.
1	2,53	6	1 — 10	1 — 6	7 — 8	580
2	2,53	6	1 — 8	1 — 6	7	580
3	3,48	6	1 — 10	1 — 10	—	820
4	3,48	6	6 — 15	6 — 13	14 — 15	
5	5,37	4	15 — 24	—	—	—
6	5,37	3	15 — 24	15	16	890 — 900
7	5,37	3	11 — 17	11 — 15	16	
8	7,27	3	13 — 22	—	—	
9	7,27	3	12 — 17	—	—	
10	7,27	2	16 — 22	—	16	
11	7,27	2	13 — 19	13 — 14	15 — 16	
12	8,06	2	14 — 20	14 — 15	16	

Versuch 5, 8 und 9 misslang in Folge Bruchs des Apparates.

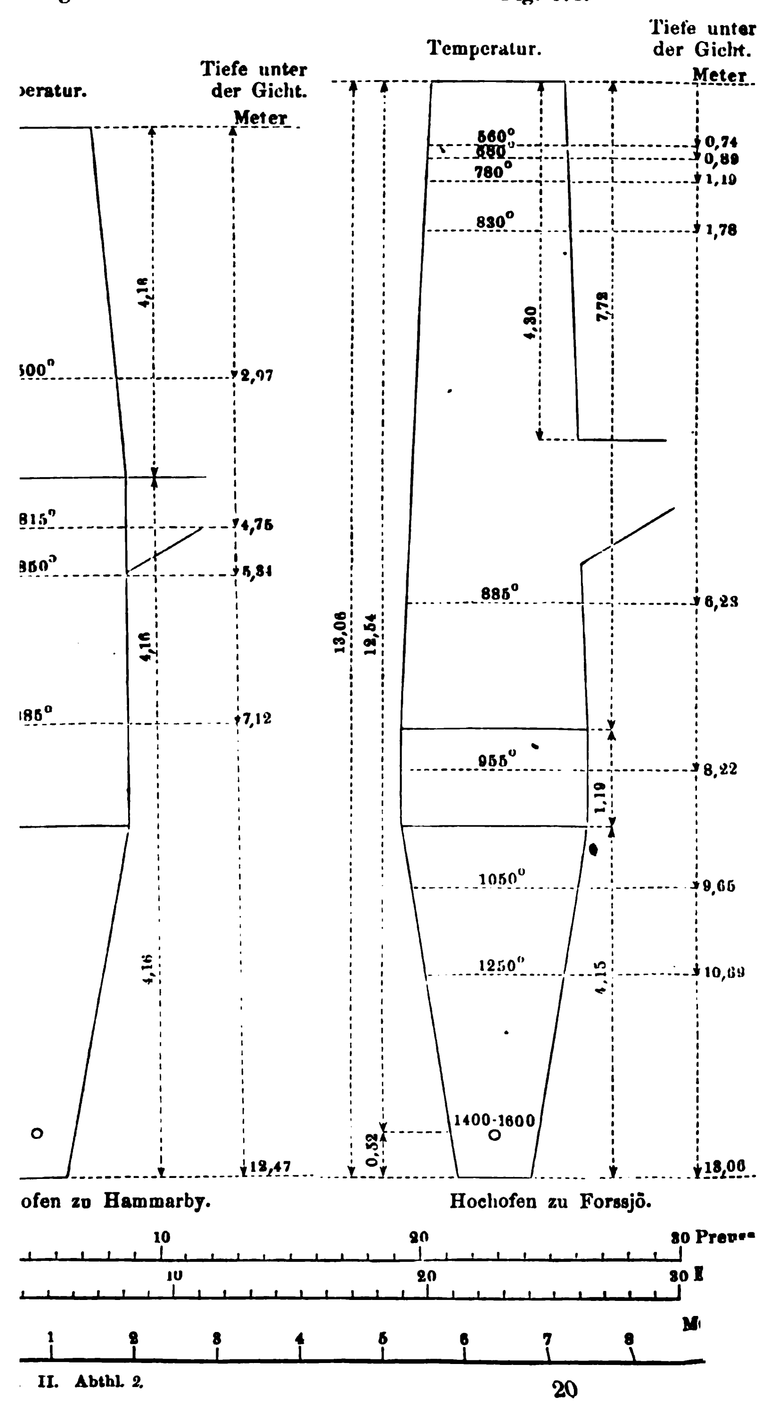
IV. Hochöfen zu Hammarby, Forssjö und Hasselfors.

Rinman und Fernqvist haben bei den Hochöfen, deren Gasanalysen S. 223 bis 225, Tab. VIII. bis X. mitgetheilt sind, auch Temperaturbestimmungen vorgenommen und sich dabei derselben Legirungen wie Tunner bedient. Mit Recht wird bemerkt, dass die so erhaltenen Temperaturgrade zu hoch seien, da nach neueren Untersuchungen der Schmelzpunkt des Silbers mit 1020° um 50°, der des Platins mit 2500° nach Deville um 600° zu hoch angenommen sei. Der Vergleich wird hierdurch indessen nicht beeinträchtigt.

Bei den Hochöfen zu Forssjö und Hasselfors liess man die Legirungen eine Stunde lang im Ofen verweilen. Man erhielt sehr schwankende Resultate z. B. bei dem Hochofen zu Forssjö bei 5,7 Fuss (1,78 Meter) Tiefe 850° und 815°, bei 19,9 Fuss (6,23 Meter) 920° und 850°, später bei 26,2 Fuss (8,22 Meter) nur 955° C. Die mittleren Zahlen sind in den neben- und umstehenden Skizzen (Fig. 170 bis 172) verzeichnet. Die beim Hochofen zu Forssjö (Fig. 171) angegebene Temperatur von 1250° bei 34,0 Fuss (10,69 Meter) Tiefe scheint zu hoch, da die Legirung

[1]) Berg- u. Hüttenm. Jahrb. Bd. X, S. 491.

Fig. 170. Fig. 171.



ofen zu Hammarby. Hochofen zu Forssjö.

sich mit dem Eisen des Apparates vereinigt hatte. Vor dem Tüm

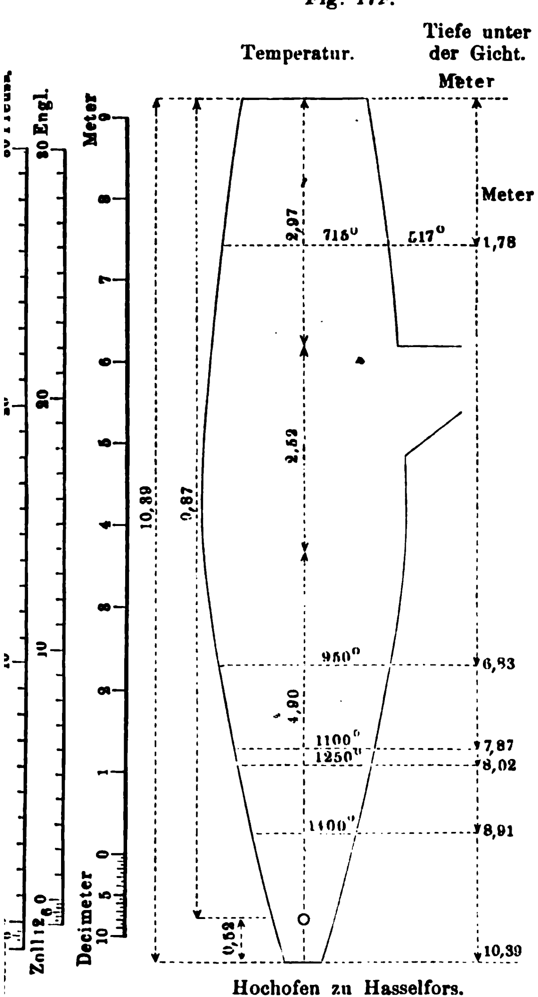


Fig. 172.

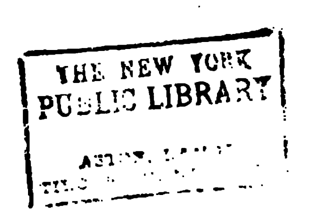
Hochofen zu Hasselfors.

die Temperatur zwischen 14 1600°. Zog man die Leg ohne Verweilen aus der Ti 5,7 Fuss (1,78 Meter) wieder so fand man Temperaturen z 440° und 680° C.

Beim Hochofen von Has fand man bei 25,1 Fuss (7 Tiefe mehr als 1100°, da G schmolzen war, und die Si tinlegirungen, deren Schme bei 1175° und 1250° lieg sich ausgebreitet hatten. zum Theil in Stahl oder au eisen umgewandelten Ga hungsröhren abschmolzen, so bei diesem Hochofen die T tur bei 28,4 Fuss (8,91 M.) T 1400° und bei 25,5 Fuss (8 auf 1250° nur geschätzt we

Bei den Temperaturbest gen, welche zu Hammarby nommen wurden, zog man girungen sofort heraus, so mit der Beschickung die gew Tiefe erreicht hatten, und si daher zuverlässiger die Tem ren der festen Substanzen die der Gase. Ein besond teresse bietet eine dieser mungen noch deshalb, weil sowohl beim Ableiten der den Röst- und Kalkbrennö auch bei versperrter Ableit gestellt wurde. Die Result ren folgende:

Tiefe unter der Gicht.	Beim Ableiten der Gase.	Beim Nichtableite
9,5 Fuss (2,97 Meter)	unter 400°	500 — 600°
11,3 „ (3,56 „)	desgl.	—
15,1 „ (4,75 „)	—	815°
17,0 „ (5,34 „)	—	850°
22,7 „ (7,12 „)	—	885°



deren ähnlichen Hochöfen 715° bis

Tem Seite 307).

Nro. der Gasanalysen:	V.	VI.	V
Hochofen.	Wrbna. (Oesterreich)	Kaiser Franz. (Oesterreich)	Ham (Sch
Original-maass.	34′ 4″ Oesterr.	38′ Oesterr.	40,25′
Meter.	10,85m	12,01m	11
Gichtniveau.	50⁰		
	90⁰		
	160⁰	225⁰	
		350⁰	5

Gichtniveau.

" (5,34 ")	—	850⁰
" (7,12 ")	—	885⁰

V. Hochöfen zu Clarence.

Bei den Hochöfen des Cleveland-Districtes in Nord-Yorkshire zu ence hat J. Lowthian Bell einige Temperaturermittelungen vor-mmen, welche sich allerdings nur auf die Temperatur unmittelbar an der Gicht oder in den Leitungsröhren der Gichtgase beziehen [1]. Die Beobachtungen wurden an zwei gleich construirten Hochöfen stellt, bei deren einem die Gase an der offenen Gicht verbrannten, rend sie bei dem anderen unverbrannt abgeleitet wurden. Beide den mit dem körnigen Spatheisenstein von Cleveland (s. Abthl. I, 21) und Koks betrieben.

Bei dem Ofen mit geschlossener Gicht fand man circa $7^3/_4$ Fuss Meter) unter der Gichtplatte im Mittel aus 15 Beobachtungen 560° C., dem mit offener Gicht durch allerdings nur eine Beobachtung in der-en Tiefe 790° C.

Es wurden auch Temperaturbestimmungen bei verschiedenem Ofen-ge angestellt und bei dem Ofen mit geschlossener Gicht, wenn der rieb auf Erzeugung von weissem Roheisen (Nro. 4) gerichtet war, ° F. (377° C.), wenn der Betrieb auf Erzeugung von grauem Roheisen). 2) gerichtet war, 825° F. (441° C.) gefunden.

In der Gasleitungsröhre zeigte sich im Durchschnitt eine Temperatur 808° F. (431° C. [2]).

Die Höhe dieser Oefen betrug nur circa $48^1/_2$ Fuss (15,2 Meter); bei höfen, welche demselben District angehören und welche 72,8 Fuss (22,8 er) hoch sind, fand man bei dem Betriebe auf weisses Roheisen (Nro. 4) ch nach der Begichtung eine Temperatur der Gase von nur 467° F. 2° C.) und 665° F. (352° C.) kurz vor der Begichtung; durchschnitt-also 517° F. (269° C.) oder circa 200° F. (93° C.) weniger als bei niedrigen Oefen.

VI. Zusammenstellung und Folgerungen.

Die so ermittelten Temperaturen sind in nebenstehender Tabelle C. ler Weise zusammengestellt, wie dies bereits bei den Gasanalysen ge-hen, nämlich unter der Voraussetzung gleicher Höhe aller Hochöfen.

Diese Beobachtungen beweisen, dass die Temperatur der Gase im hofen allmälig und regelmässig von unten nach oben abnimmt, so also weder eine den Wärmeverlust überwiegende neue Wärmequelle ler aus der Verbrennung des Kohlenstoffs vor den Formen stammen-hinzutreten, noch eine plötzliche Wärmebindung in bedeutendem sse eintreten kann. Nur in nächster Nähe der Formen selbst ernie-t sich die Temperatur durch Reduction der gebildeten Kohlensäure zlich, wie die Beobachtungen Tunner's beweisen.

---

[1]) Sie sind von Tunner (Jahrb. XV, S. 109 u. f.) mitgetheilt. — [2]) Bei an-ähnlichen Hochöfen 715° bis 740° F. (379° bis 393° C.)

Die Gase entweichen aus der Gicht meist mit einer Temperatur von einigen 100 Graden, so dass sie also nicht ihre sämmtliche Wärme an die festen Materialien abgeben. Wesentlich ist dies Verhältniss von der Ofenhöhe und der Geschwindigkeit der Gase abhängig, so dass der höchste Ofen und der langsamste Gasstrom die beste Wärmeausnutzung geben. Da nun, wie später gezeigt werden wird, die Geschwindigkeit der Gase in umgekehrtem Verhältniss zur Weite des Ofens steht, so wird von zwei gleich hohen Hochöfen derjenige die beste Wärmeausnutzung bieten, welcher sich von der Wärmequelle (den Formen) an bis zur Gicht immer mehr erweitert. Die Temperatur der Gichtgase erhöht sich unter sonst gleichen Umständen bedeutend beim tieferen Herabsinken der Beschickung. Verbrennen die Gichtgase an der Gicht, so steigt dadurch die Temperatur auch in tieferen Ofentheilen, im Gegensatz zu dem Falle, in dem die Gase unverbrannt abgeleitet werden. In entsprechenden Ofenhöhen entwickelt ein mit Koks betriebener Ofen höhere Temperaturen, als ein mit Holzkohle betriebener. Je grösser der Brennmaterial- oder vielmehr Kohlenstoffverbrauch auf eine bestimmte Menge Erz und Zuschlag, um so höher ist die Temperatur des Ofens. Sie steigt daher bei der Darstellung von grauem Roheisen und sinkt bei der Darstellung von weissem Roheisen.

Spannung der Gase.

Es ist bereits S. 191 darauf hingewiesen worden, dass die Verbrennungsproducte vor den Formen im Hochofen eine von verschiedenen Umständen abhängige, aber stets höhere Spannung als die Atmosphäre haben. Da beim Aufsteigen der Gase die Widerstände immer geringer werden und gleichzeitig die Temperatur sinkt, so kann man schon im Voraus schliessen, dass ihre Pressung stetig abnehmen werde. Da sich indessen andererseits das Volumen der Gase vermehrt und die Querschnitte des Hochofens theils vergrössern, theils verringern, so ist die Berechnung der Abnahme der Spannung sehr umständlich und unsicher und es ist von Interesse, die letztere durch directe Versuche festzustellen.

Tunner hat in dieser Richtung Untersuchungen an den Hochöfen bei Eisenerz [1]) angestellt und folgende Resultate gefunden [2]):

Die Spannung der Gase steht in allen Höhen des Ofens im Verhältniss zu der Pressung der Gebläseluft, so dass die Schwankungen der letzteren bis zur Gicht hin wahrnehmbar bleiben. Waren an dem Wrbna-Ofen zu Eisenerz die Schwankungen des Manometers $18^1/_4$ bis $24^1/_4$ Linien (39,5 bis 52,7^{mm}) Quecksilbersäule, so zeigten die Gase an der Gicht in genau entsprechenden Zeiträumen Schwankungen in der Pressung von 9 bis $10^2/_3$ Linien (19,7 bis 23,0^{mm}) Wassersäule. Von Einfluss auf die Spannung der Gase an der Gicht war ferner die Beschaffenheit der Formen. Nasete eine derselben, d. h. bildeten sich Ansätze, so sank die

[1]) Vergl. S. 221. — [2]) Tunner's Jahrb. IX.

ng von 9 bis 11 Linien (19,7 bis 24,1^{mm}) auf $4^1/_2$ bis $6^1/_2$ Linien s 14,3^{mm}). Aehnlich wirkte die Beschaffenheit der aufgegebenen lien. Als kleinere Kohlen wie gewöhnlich aufgeschüttet wurden,

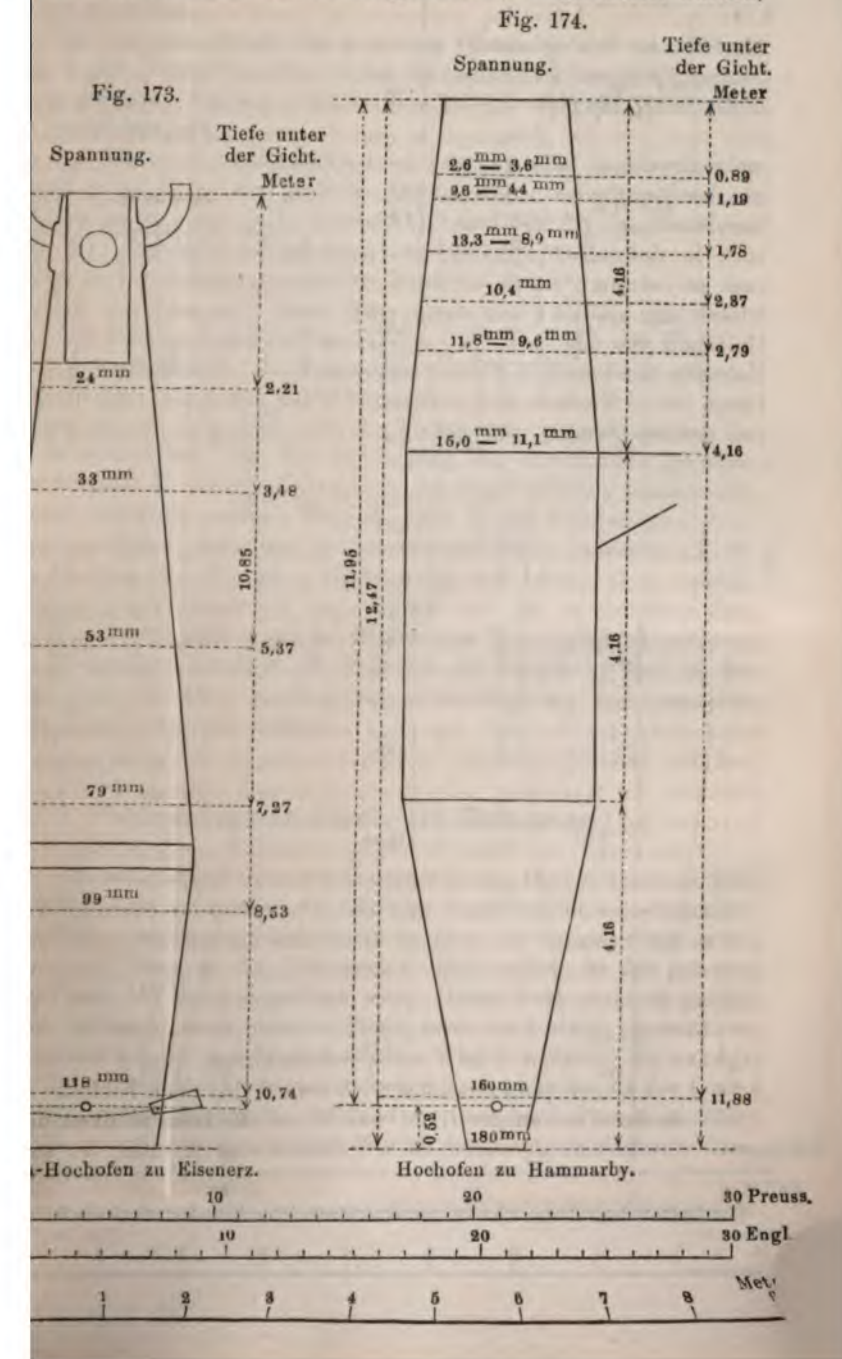
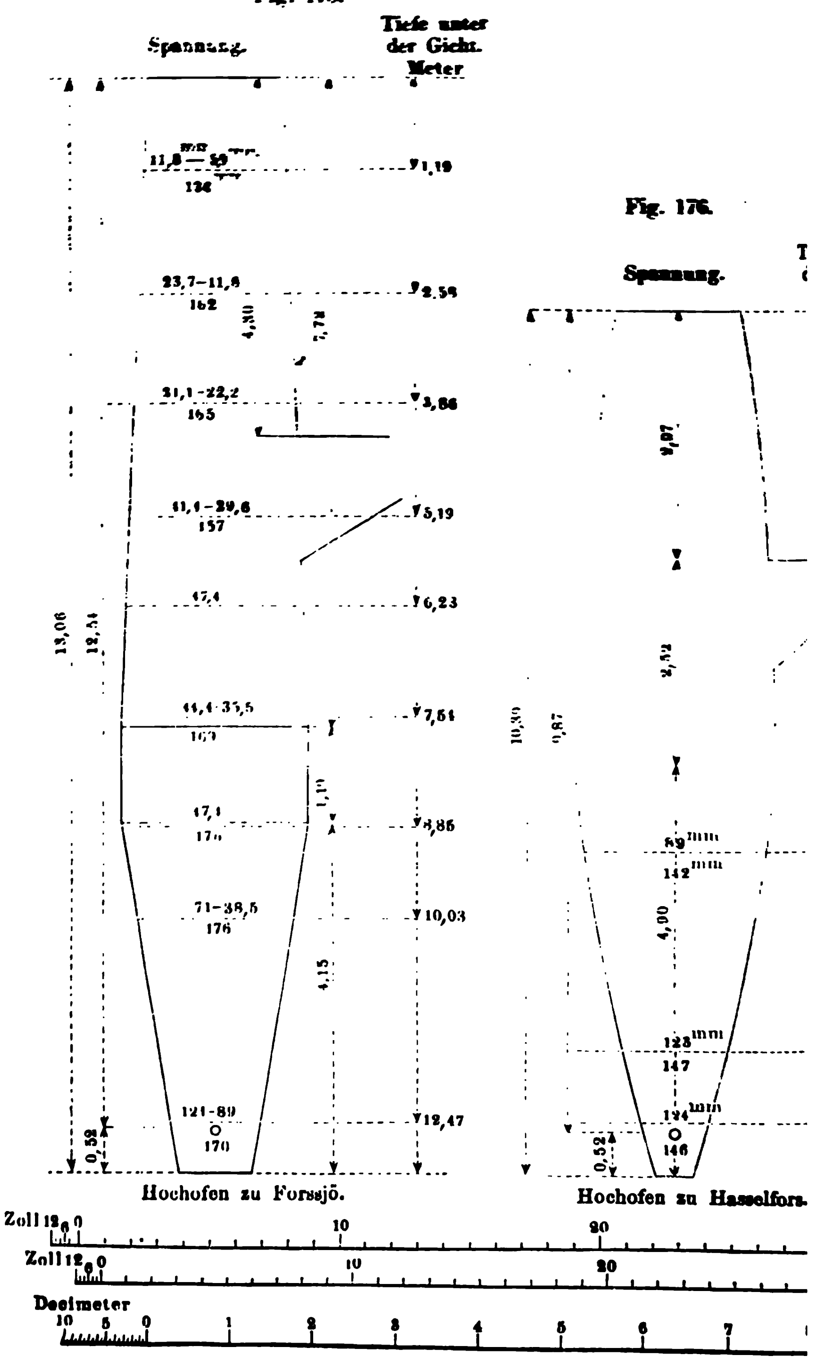


Fig. 173.

-Hochofen zu Eisenerz.

Fig. 174.

Hochofen zu Hammarby.


Fig. 175.
Spannung.
Tiefe unter der Gicht. Meter
1,19
2,58
3,86
5,19
6,23
7,64
8,86
10,03
12,47
Hochofen zu Forssjö.
Fig. 176.
Spannung.
Hochofen zu Hasselfors.
Zoll
Decimeter

t die Spannung der Gase an der Gicht von 10 auf 5 Linien (21,9 . 11,0mm) Wassersäule, ein Beweis dafür, wie wichtig es für einen lmässigen Ofengang ist, auf stets gleiche Beschaffenheit der festen erialien zu achten.

Die Spannungen, welche bei normalem Ofengange und einer Windsung in den Düsen von circa 18 bis 22 Linien (40 bis 48mm) Queckrsäule gefunden wurden, sind in Fig. 173 (S. 309) auf Wassersäule icirt verzeichnet.

An dem Hochofen zu St. Stefen fand Tunner sehr ungleichförmige ssungen, eine Folge des gestörten Ofenganges. Sie schwankten an Gicht zwischen 5 und 30⅓ Linien (11,0 und 65,8mm), an der Form schen 30⅓ und 50⅔ Linien (65,8 und 109,7mm) Wassersäule.

Aehnliche Untersuchungen stellten Rinman und Fernqvist an den vedischen Hochöfen an[1]), deren Gasanalysen S. 223 bis 225 mitgetheilt den. Die Resultate sind in Fig. 174 (S. 309), Fig. 175 und Fig. 176 310) zusammengestellt. Die Pressungen wurden meistentheils während Niedergangs einer vollen Gicht beobachtet, d. h. in der Zeit von einer hickung bis zur folgenden. Da der Reibungswiderstand, welchen die e zu erleiden haben, mit dem Niedergang der Beschickung geringer l, so mussten in diesem Zeitraum in der Regel allmälig abnehmende nnungen ermittelt werden. Wo sich daher in den Figuren zwei Presgsangaben finden, bedeuten sie die während dieses Zeitraumes beobeten Maxima und Minima. Unterhalb der Linie, über welcher Gasspannungen angegeben sind, finden sich die in derselben Zeit schenden Gebläsepressungen in Millimetern Wassersäule verzeichnet.

Die Pressungen der Gase im Hochofen zu Hammarby sind in der e der Gicht deshalb so gering und ungleichförmig, weil sehr viele e zum Rösten entzogen wurden.

Wärmeverlust durch die Gichtgase.

Wie aus dem Capitel über die Temperatur der Hochofengase (S. 298) zu ersehen ist, entweichen die letzteren aus der Gicht mit einer sehr ingen Wärme, welche im Durchschnitt zu circa 300° angenommen werkann, also etwa zu der Temperatur, mit welcher in den unteren il des Ofens der Wind eingeführt wird. Diese Temperatur ermässigt beim Aufgeben einer frischen Gicht noch weit mehr, namentlich n die Beschickung viel hygroskopisches Wasser enthält. Bunsen[2]) l die Temperatur der Gichtgase zwischen dem Aufgeben zweier Charvon 0° bis 600° wechselnd, während die Gase bei 5 Fuss Tiefe 993° en. Berechnet man die mittlere Wärme der Gichtgase dadurch, dass

---

[1]) Undersökningar rörande etc. Jernkontorets Annaler 1865. — [2]) Poggend. l. 46, S. 216.

man diejenige Wärmemenge ermittelt, welche nöthig ist, um die oberen Gichten bis zu ihrem Niedergang auf 5 Fuss zu 993° zu erhitzen und deren Feuchtigkeit zu verdampfen, so ergiebt sich aus der so erhaltenen Temperatur der Gichtgase, nach Bunsen, ein Wärmeverlust, welcher 25,4 Proc. des aufgewandten Brennmaterials entspricht.

Bei den neueren Holzkohlenhochöfen und beinahe bei allen mit Koks oder rohen Steinkohlen betriebenen Hochöfen ist dagegen in Folge der angemessenen Weite der Gicht und der ausreichenden Höhe des Schachtes bei gut geleitetem Gange (d. h. einem Betriebe ohne sogenanntes Oberfeuer) die Oberfläche der Beschickung selbst bei einem tieferen Niedersinken der Gichten so kühl, dass man den Verlust, welcher durch die den Gasen innewohnende (fühlbare) Wärme entsteht, als höchst unbedeutend annehmen kann.

Beständen nun die Gichtgase nur aus verbrannten Stoffen, d. h. also aus Kohlensäure und Wasserdampf, so würde demnach die bei ihrer Verbrennung entstandene Wärme dem Hochofen fast vollständig zu Gute gekommen sein. Sie enthalten aber eine sehr bedeutende, gewöhnlich die Kohlensäure weit überwiegende Menge Kohlenoxyd, ferner Wasserstoff und in vielen Fällen Kohlenwasserstoff, alles brennbare, also noch nicht verbrannte Stoffe.

Enthielten die Gichtgase von brennbaren Bestandtheilen nur Kohlenoxyd und von verbrannten Bestandtheilen nur Kohlensäure, so verhielte sich die Menge des in den Gichtgasen enthaltenen Sauerstoffs zu der zu ihrer Verbrennung erforderlichen Sauerstoffmenge, wie die im Hochofen entwickelte Wärme zu der verlorenen Wärme. Dies Gesetz ist freilich nicht mehr richtig, wenn auch Wasserstoff in den Gichtgasen enthalten ist, weil sich nach Favre und Silbermann's Untersuchungen bekanntlich die Wärmemengen, welche Kohlenstoff und Wasserstoff beim Verbrennen entwickeln, nicht wie die zu ihrer Verbrennung nöthigen Sauerstoffmengen verhalten [1]). Die Aenderungen, welche das angeführte Gesetz hierdurch erleidet, sind indessen nur bei den Hochöfen von grosser Bedeutung, welche mit rohen Brennmaterialien betrieben werden.

Um zu ermitteln, wie viel Sauerstoff zur Verbrennung der unverbrannten Gase erforderlich ist, müssen folgende chemische Thatsachen angewendet werden:

---

[1]) Der Sauerstoff, welcher zur Verbrennung von 1 Gewichtstheil Wasserstoff nöthig ist (nämlich 8 Gewichtstheile), verhält sich zu der zur Verbrennung von 1 Gewichtstheil Kohlenstoff erforderlichen Sauerstoffmenge $\left(\frac{16}{6}\text{ Gewichtstheile}\right) = 8$ 2,66; die beim Verbrennen von 1 Gewichtstheil Wasserstoff resp. 1 Gewichtstheil [Kohlen]stoff entwickelten Wärmemengen verhalten sich aber (s. S. 88) wie 34462 [: ...] circa = 8 : 1,80.

1 Vol. Kohlenoxyd[1])	erford.	1/2 Vol.	Sauerstoff	zur	Verbrenn.	zu	1 Vol. Kohlensäure
1 „ Wasserstoff	„	1/2 „	„	„	„	„	1 „ Wasserdampf
1 „ Grubengas[2])	„	2 „	„	„	„	„	1 „ Kohlensäure u. 2 „ Wasserdampf
1 „ ölbild. Gas[3])	„	3 „	„	„	„	„	2 „ Kohlensäure u. 2 „ Wasserdampf.

Hiernach berechnete Bunsen, dass bei dem mit Holzkohlen betriebenen Hochofen zu Veckerhagen nur 51,5 Proc., in dem mit rohen Steinkohlen betriebenen Alfreton-Ofen gar nur 16,55 Proc.[4]) des aufgewendeten Brennmaterials zur Benutzung im Hochofen gelangten. Man darf indessen nicht glauben, dass diese Brennmaterialmenge wirklich erspart werden könnte. Die Wärmequelle für jeden Hochofen liegt lediglich vor den Formen, wo der Kohlenstoff direct oder indirect zu Kohlenoxyd verbrennt. Diese Wärmequelle kann nicht entbehrt werden, wenn auch für die Reduction des Eisenerzes eine weit geringere Menge Kohlenoxyd genügt. Nichtsdestoweniger giebt die Armuth an Kohlenoxydgas in den Gichtgasen eines Hochofens den Maassstab für die Ausnutzung der Gase, und es kann daher der Hochofenprocess für um so vollkommener angesehen werden, je weniger Kohlenoxydgas aus der Gicht entweicht.

Art der Entziehung und Benutzung der Hochofengase.

Werth der Gichtgase. Da die Analysen ergeben und die Erfahrung lehrt, dass selbst bei dem am besten geleiteten Hochofenbetrieb noch Gase aus der Gicht entweichen, welche auf 100 Vol. Stickstoff mehr als 12 Vol. Kohlenoxyd enthalten, und dass in den meisten Fällen dieser Gehalt auf 40 Vol. steigt, so erhält man an diesen Gasen stets noch ein werthvolles Brennmaterial. Wie gering der Gehalt an Kohlenoxyd nun zu sein braucht, um Gichtgasen schon Werth als Brennmaterial zu ertheilen, lässt sich annähernd aus der Formel $T_4 = \frac{Cp''}{1,57\,Cs + Ns''}$ ersehen, welche den pyrometrischen Wärmeeffect eines Gemenges von Kohlenoxyd und anderen unverbrennlichen Gasen angiebt und worin C die Gewichtsmenge des Kohlenoxyds, N die Gewichtsmenge der übrigen Gase (unter Voraussetzung $C + N = 1$) bezeichnet, ferner $(C + 0,57\,C) = 1,57\,C$ die aus C Kohlenoxyd gebildete Kohlensäuremenge[5]), s die specifische Wärme der Kohlensäure, s'' die specifische Wärme der übrigen Gase. Nun ist $p'' = 2402,7$[6]), $s = 0,22$[7]) und s'' kann im Durchschnitt

---

[1]) Es enthält 1/2 Vol. Sauerstoff. — [2]) Es enthält 2 Vol. Wasserstoff. — [3]) Es enthält 2 Vol. Wasserstoff. — [4]) Erdmann's Journ. Bd. 42, S. 388. — [5]) 14 Gewichtstheile Kohlenoxyd verbinden sich mit 8 Gewichtstheilen Sauerstoff zu Kohlensäure, also 1 Gewichtstheil Kohlenoxyd mit $\frac{8}{14} = 0,57$ Sauerstoff.

[6]) Nach Favre und Silbermann, vergl. Bd. I. der Metall. S. 64. — [7]) Vgl. S. 205.

auch zu 0,22 angenommen werden. Da die Gase stets über 100° bei ihrem Entweichen aus der Gicht haben, kommt die latente Wärme des Wasserdampfes nicht in Betracht. Daher ist:

$$T_4 = \frac{2402,7\, C}{1,57\, .\, 0,22\, C + 0,22\, N}.$$

Eine Temperaturerhöhung tritt mithin nicht ein, wenn $2402,7\, C = 1,57\, .\, 0,22\, C + 0,22\, N$ ist, oder $\frac{N}{C} = 10920$ oder wenn sich die übrigen Gase N zum Kohlenoxyd C dem Gewichte nach verhalten wie 100 : 0,009, während T_4 = circa 1000° (die gewöhnliche Annahme für die Temperatur verbrennender Gichtgase) sich bei dem Verhältniss $\frac{N}{C} = 9$ ergiebt, d. h. wenn sich die übrigen Gase dem Gewichte nach zum Kohlenoxyd verhalten = 100 : 11 [1].

Geschichtliches. Bereits vor einem halben Jahrhundert richtete man in Frankreich das Augenmerk auf die Benutzung der Gichtgase (*waste gas*) des Eisenhochofens, aber erst seit etwa 25 Jahren hat sich die allgemeine Aufmerksamkeit darauf gelenkt, und erst seit den letzten zehn Jahren ist die Anwendung der Hochofengichtgase bei der überwiegenden Zahl von Hochöfen eingeführt worden.

Im Juni 1814 veröffentlichte Berthier eine interessante und wichtige Brochüre über die glückliche Anwendung der Gichtgase in Frankreich zu verschiedenen Zwecken, als zur Stahldarstellung durch Cementation, Brennen von Kalk und Ziegeln u. dgl. m. [2]).

Der Ruhm dieser ersten Anwendung gebührt Aubertot, dem Eigenthümer einer Eisenhütte im Cher-Departement. Er erhielt nach im Jahre 1809 bis 1811 ausgeführten Versuchen [3]) 1811 darauf ein Patent in Frankreich, war aber damit zufrieden, für seinen eigenen ausschliesslichen Gebrauch die Anwendung der Gichtgase zur Cementstahldarstellung zu reserviren; ja er gab in höchst uneigennütziger Weise allen, welche es wünschten, eingehende Belehrungen. Berthier lernte durch den Augenschein mehrere von Aubertot geleitete Werke mit derartigen Einrichtungen kennen und durchschaute offenbar schon die Wichtigkeit der Erfindung [4]).

---

[1]) Bei der Annahme von 40 Vol. Kohlenoxyd auf 100 Vol. Stickstoff ist dies Verhältniss etwa = 100 : 30, bei 12 Vol. allerdings nur = 100 : 8; jedoch ist hierbei das stets vorhandene Wasserstoffgas und Kohlenwasserstoffgas zu den verbrannten Gasen gerechnet. Bei der Untersuchung anderer Schachtofengase hat sich das Verhältniss von etwa 10 Vol.-Proc. Kohlenoxyd als das Minimum für praktische Anwendung herausgestellt. Wenn man in manchen Gegenden beim Betriebe der Hochöfen auf graues Roheisen keine beständig und gut brennenden Gase erhält, so liegt dies daran, dass im Gegensatz zum Betriebe auf weisses Roheisen ein langsamerer Gichtenwechsel stattfindet und daher das Gesammtquantum der Gase an der Verbrennungsstätte ein zu geringes ist. — [2]) Sur plusieurs moyens maginés pour employer la flamme perdue des hauts fourneaux, des foyers de forges ourn. des mines 35. p. 375. Juin 1814. — [3]) Zerrenner, Metall Gasfeuerung. 3. 3. — [4]) J'ai pensé, sagt er p. 377 op. cit., qu'il serait très-utile de porter à ssance de tous les métallurgistes une invention qui peut être aussi féconde.

Um Kalk oder Ziegeln zu brennen, wurde ein Ofen von prismati-
ner Form nahe der Gicht des Hochofens errichtet. Die Gichtflamme
at in den Ofen direct von der Gicht aus, durch eine 0,5 Meter im Qua-
at grosse Oeffnung. An jeder Seite befand sich eine kleine Mauer, um
n Wind abzuhalten. Vorn war die Gicht ganz frei, um bequem be-
hicken zu können. Die Oeffnung, durch welche die Gase in den Brenn-
en drangen, konnte durch eine eiserne Schieberthür regulirt werden.

Die Beschickung des Brennofens geschah durch eine seitliche Oeff-
ung. Auf der Gicht desselben dagegen befand sich eine Esse. Nach der
eschickung des Ofens öffnete man die Zutrittsöffnung für die Gichtflamme
fänglich nur wenig, und erst nach 24 bis 36 Stunden mehr, um dann
bis 4 Tage lang die ganze Flamme durch den Ofen strömen zu lassen,
bei der Ofen bald in helle Rothgluth gerieth. Oeffnete man die
appe zu weit, so kühlte der Ofen in Folge zu heftigen Zutritts kalter
uft ab. Für die Cementstahldarstellung brachte man die Kiste [1]),
elche 15 bis 18 Ctr. Eisen fasste, in ganz ähnlicher Lage und Art an.

Die hierbei erzeugte Wärme schrieb Berthier richtig theils der
atürlichen Temperatur der Gase, theils der durch ihre Verbrennung mit
mosphärischer Luft entwickelten Wärme zu. Zum Beweise des hohen
etrages der letzteren bezieht er sich auf ein Experiment Curandou's,
elches darin bestand, dass der Gichtgasstrom eines Hochofens horizontal
das Gewölbe eines Flammofens geleitet wurde. Curandou sagt:
Wenn das Gewölbe dieselbe Temperatur angenommen hatte, als das zu-
mmen mit einem Strom äusserer Luft hineingeleitete Hochofengas, so
günstigte diese Temperatur die Entzündung des Gases, aus der sodann
ne wahrhaft erstaunliche Wärmeentwickelung resultirte, was beweist,
ass die Erscheinung das Resultat einer Verbrennung war und nicht
wa die Wirkung einer Concentration der ursprünglichen mitgebrachten
ärme des unter dem Gewölbe hinströmenden Gichtgases" [2]).

Die Benutzung der Hochofengase zu ähnlichen Zwecken und genau
f das Princip Aubertot's gegründet, wurde 1832 in England einem
wissen Moses Teague patentirt [3]). Das Patent lautet im Wesent-
hen:

„Die Verbesserung besteht in der Benutzung der bisher in die offene
ft entlassenen Flamme und Wärme aus der Gicht der Hoch- und Cupol-
n, indem man die Flamme und Wärme auf die Erze und Mineralien,
lche geschmolzen werden sollen, wirken lässt, ehe sie in den Ofen selbst
langen. Die Anwendung geschieht auf die Weise, dass die Flamme
er Wärme in, auf oder durch einen oder mehrere Oefen, Apparate etc.
f, an oder in der Nähe der Ofengicht geleitet wird, indem sie von ihrem
wöhnlichen Wege durch Verengen oder theilweises oder vollständiges

---

[1]) Siehe weiter unten im Capitel über Cementstahldarstellung. — [2]) Op. cit.
395. — [3]) An improvement in the Making and Smelting Pig iron A. D. 1832.
o. 6211.

Verschliessen der Gicht abgeleitet und durch Schieber, Thüren u. s. w in die zu erhitzenden Vorrichtungen, welche mit Essen etc. versehen sind geleitet wird."

Im Jahre 1836 erhielt Victor Sire, Hüttenbesitzer zu Clerval, ein Patent auf ein vollständiges Fabrikationssystem zur Darstellung des Stabeisens mittelst der Hochofengase[1]). Da Sire das patentirte System nicht praktisch ausführte, so wurde es öffentlich bekannt gemacht und von Ebelmen dann mit anderen fast gleichzeitig in Deutschland erfundenen Systemen dieser Art verglichen.

In Deutschland nämlich waren die ersten epochemachenden Versuche zur Benutzung der Hochofengase, wie es scheint, Ende 1832[2]) von Fabre du Faur zu Wasseralfingen in Würtemberg begonnen und 1837 beendigt worden.

Schon 1838 hatte das Hüttenwerk Jägerthal am Niederrhein das Sire'sche System eingeführt und seit 1841 verfrischte die Hütte Treveray im Mosel-Departement das Eisen mit Hochofengasen, wofür ihr 1844 bei der Pariser Industrie-Ausstellung die goldene Medaille zuerkannt wurde.

Zu gleicher Zeit (1838 bis 1839) lenkten die ersten wissenschaftlichen Untersuchungen Bunsen's die Augen aller Fachleute auf die hohe Bedeutung der Gichtgase.

Vor etlichen Jahren theilte der Chef der bekannten Maschinenbauanstalt zu Marseille, Philipp Taylor, dem Verfasser mit, dass er 1840 mit der Construction und Montirung der Gebläsemaschine für die Eisenhütte zu Rustrel, im Departement Vaucleuse in Frankreich, beschäftigt gewesen sei. Da dort das Holz zur Darstellung von Holzkohlen mangelte und das Fuhrlohn für Steinkohle oder Koks sehr hoch war, so musste man an Brennmaterialersparniss denken, und da schlug Taylor die Erhitzung der Kessel für die Gebläsemaschine durch die Gichtgase vor. „Viele Versuche," schreibt er, „sind gemacht worden, die Gichtflamme zur Dampferzeugung zu benutzen; aber man pflegte stets den Kessel an die Gicht zu legen, so dass das entzündete Gas direct auf den Kessel einwirkte. Da hierbei sicherlich eine grosse Menge Gas in Folge unvollständiger Beimischung atmosphärischer Luft unverbrannt entwich, so entsprach der Erfolg den Erwartungen nicht. Zudem machte die weite Leitung des Dampfes sowohl als des Speisewassers viel Umstände. Ich wählte daher den Plan, die Gicht ganz zu schliessen und so die Entzündung der Gase zu verhüten, welche ich durch eine weite Röhrentour nach den auf der Hüttensohle in einiger Entfernung vom Hochofen gelegenen Kesseln leitete. Meiner Meinung nach konnte ein Erfolg nur durch eine richtige Mischung von Luft und Gas und eine vollständige Verbrennung erreicht werden. Zu diesem Zwecke liess ich das Gas aus dem Hauptrohr unter das vordere Ende des Kessels durch eine Zahl enger Schlitze treten, wäh

[1]) Zerrenner, op. cit. S. 3. — [2]) Conf. S. 331.

die atmosphärische Luft durch ähnliche, dazwischen liegende Schlitze lassen wurde. Der Zutritt der Luft wurde durch ein Ventil regu- von dessen Stellung, wie sich bald zeigte, der ganze Erfolg abhing, owohl bei zu geringer wie zu starker Oeffnung nicht hinreichender pf erzeugt werden konnte, während bei richtiger Stellung noch Dampf h das Sicherheitsventil abblies. Um Explosionen zu verhüten, musste stets beim Anlassen des Windes das Gas durch etwas brennendes r entzünden."

Taylor theilt übrigens auch mit, dass vor mehr als 60 Jahren be- auf der Eisengiesserei von Gurney und Aggs zu Norwich in Eng- der Versuch gemacht worden sei, Dampf aus einem an die Gicht Cupolofens gelegten Kessel zu erzeugen, aber ohne Erfolg, da das ser nicht habe kochen wollen.

Die Anwendung der Gichtgase brach sich sehr langsam Bahn, und entlich die Abführung derselben in unverbranntem Zustande fand n statt. Noch 1841 schrieb Karsten [1]):

„Die bisher in Anwendung gekommenen Vorrichtungen zur Be- ung der Gichtgase für die Lufterhitzung, für die Dampferzeugung Maschinenkesseln u. s. w. sind nur als unvollkommene Einrichtungen sehen, weil dabei die unmittelbar aus der Gicht ausströmenden Gase einem geringeren Effect verbrannt und benutzt werden, als derjenige den sie zu gewähren im Stande sind."

Im Jahre 1845 erhielt James Palmer Budd ein Patent für die endung von „Hitze, Flamme und Gas der Hochöfen" zur Erhitzung Windes [2]).

Die Erfindung wurde auf der Ystalifera-Hütte im Swansea-Thal, he mit Anthracit betrieben wird, ausgeführt.

Der in Fig. 27 Seite 31 abgebildete Winderhitzungs-Apparat war in Mauerwerk zwischen zwei Hochöfen angelegt und bestand aus zwei zontalen, gusseisernen Hauptröhren, verbunden durch mehrere Quer- en, welche zahlreiche verticale Hosenröhren trugen. Das Gas wurde h drei bis vier horizontale Canäle von circa 1 Fuss (0,305 Meter) chmesser, welche von verschiedenen Seiten jedes Ofens etwa 3 Fuss Meter) unter der Gicht abgingen, in die Apparate geleitet. Budd ffentlichte hierüber eine Schrift [3]), in welcher er angiebt, dass die nenge, welche zur Winderhitzung für einen Ofen nöthig sei, $^1/_6$ der mmtmenge des aus der Gicht entweichenden Gases nicht überschreite. versuche," sagt Budd, „keine Verbrennung der Gase, denn da diese dem Ofen mit einer Temperatur von circa 800° F. (427° C.) in den itzungsapparat gelangen, während die ganze für den erforderlichen d nöthige Wärme 600° F. (314° C.) beträgt, so genügt ihr Durch-

[1]) Karsten, Eisenhüttenk. III, S. 279. — [2]) A. D. 1845. Jan. 16. Nro. 10475.
) Report on the advantageous use made of the Gaseous Escape from the Blast- ces at the Ystalifera Iron-works. From the report of the British Association he Advancement of Science for 1848.

strömen durch den Apparat, und da keine Verbrennung eingeleitet w
so bleiben die Röhren unversehrt, die Ziegeln schmelzen nicht, und
Apparat ist beständig wirksam. Der Grund, aus dem ich keine Verb
nung der Gase annehmen kann, ist der, dass die Gase erst nach ih
Durchgang durch den Apparat beim Austritt aus der Essenmündun
Berührung mit atmosphärischer Luft mit blauer, bei Nacht sichtl
Flamme verbrennen, einer Flamme, die in Folge der Temperaturredu
in kurzer Entfernung wieder verlischt. Lasse ich dagegen die
schickung im Hochofen unter die Mündung der Gascanäle sinken, so
brennen die Gase, ehe sie in die Winderhitzungs-Apparate treten,
jene Erscheinung verschwindet."

Bereits 1848 hatte Budd zu Ystalifera die Gase ebenfalls mit E
zur Dampferzeugung benutzt. Auch dies Arrangement ist aus Fi
ersichtlich. Der zunächst liegende Kessel war circa 45 Fuss (14 M
vom Ofen entfernt, und dennoch erhielt man zweimal mehr Damp
bei Feuerung mit Steinkohle. Das Kesselrohr war durch eine Ma
zwei Abtheilungen getrennt, und das Gas ging viermal durch und
dem Kessel entlang und machte einen Gesammtweg von mehr als 116
(36,6 Meter). Budd berechnete die Kohlenersparniss auf 35 tons =
Ctr. Anthracit wöchentlich, und die jährliche Kostenersparniss auf
Pfd. Strl. Er behauptet sogar, dass es vortheihafter sei, einen Hoc
ohne weiter etwas darin zu schmelzen, nur als Gasgenerator zu ben
und die darin erzeugten Gase zur Kesselheizung und Winderhitzu
verwenden, als besonders Feuerungen für jeden Kessel und Winderhitz
Apparat zu benutzen [1]).

Mit der allgemeineren Benutzung der Gichtgase wurden auc
Zwecke, zu denen sie angewendet wurden, mannigfaltiger. Man bra

[1]) Budd's Arbeit enthält einige merkwürdige Angaben Schafhäutl's
die Zusammensetzung der Gichtgase der Hochöfen von Ystalifera, welche wir
stillschweigend übergehen können, nämlich folgende beiden Analysen.

	I.	II.
Kohlensäure	0,136	9,546
Kohlenoxyd	18,974	12,012
Wasserstoff	27,844	21,278
Sumpfgas	3,212	2,548
Schweflige Säure, mit Spuren von Arsen- und Phosphorwasserstoff	Spur	0,111
Stickstoff	49,844	54,505

Das Gas I. ward 15,5 Fuss (4,88 Meter) unter der Beschickungsober
Gas II. aus nur 11,6 Zoll (0,305 Meter) unter derselben entnommen.

Nun ist das Brennmaterial Anthracit, und doch enthält das Gas meh
20 Proc. Wasserstoff! Mit Recht mag Budd schreiben: „Der grosse Geh
Wasserstoff in der Analyse ist auffallend, da Anthracit nur 2 bis 3 Proc. W
stoff enthält." Dieser Gehalt ist nicht nur auffallend, sondern vollständig
klärlich. Er steht zudem in directem Widerspruch mit den Resultaten alle
deren Analytiker, so dass man kaum anders, als an einen Fehler in der An
denken kann.

ausser zur Erhitzung der Gebläseluft und zur Dampferzeugung zum
sten der Erze und zum Brennen des Kalkes, zum Verkohlen des Hol-
, zum Dörren des Holzes und Torfes, zum Ziegelbrennen, Trocknen
Formen, Kernen und Giesskellen, zum Feinen, Frischen, Wärmen
l Schweissen des Eisens, zum Umschmelzen desselben und noch zu
nchen anderen Zwecken. Von dieser mannigfaltigen Anwendung der
htgase ist man allmälig wieder zurückgekommen und beschränkt sich
genwärtig im Wesentlichen auf die Benutzung derselben zur Dampf-
eugung für die Gebläsemaschinen in erster und zur Winderhitzung in
eiter Reihe, oder auf ihre Benutzung zum Rösten von Eisensteinen
d zur Winderhitzung, wenn man die Gebläsemaschine mit Wasserkraft
treibt [1]).

Einfluss der Gichtgasentziehung auf den Hochofengang. Wie
e neuen Processe, verschaffte sich, wie erwähnt wurde, auch die Be-
tzung der Gichtgase nur allmälig Eingang. Sie fand von vielen Seiten
iderstand, weil man ihr einen schlechten Einfluss auf den Gang des
chofens zuschrieb, ja auf vielen Werken wurden die schon getroffenen
nrichtungen aus diesem Grunde wieder abgeschafft.

Selbst Scheerer konnte in seinem Lehrbuche der Metallurgie 1848
ch sagen [2]):

„Durch vielfache Erfahrung ist man jetzt fast allgemein zu der Ueber-
ugung gelangt, dass die Ableitung der Gichtgase aus einem Eisenhoch-
en nicht geschehen kann, ohne den guten Gang des Hochofen-Processes
ehr oder weniger zu beeinträchtigen. Dies ist wenigstens bei der Ab-
itung so beträchtlicher Gasquantitäten der Fall, wie sie zur Feuerung
nes oder gar mehrerer Puddelöfen erfordert werden. Der Grund die-
r Beeinträchtigung lässt sich leicht einsehen, wenn man die wesentliche
unction der im Hochofen aufsteigenden Gase berücksichtigt, welche
unction in der oberen Hälfte des Ofenschachtes keineswegs zu Ende
t. Die grossen ökonomischen Vortheile, die man sich anfänglich von
er Anwendung der Gichtgase als Brennmaterial versprach, sind in der
raxis bei weitem nicht erreicht worden, und man hat daher angefangen,
eils der Benutzung der Gichtflamme, theils der Anwendung der Gene-
torgase entschieden den Vorzug zu geben.“

Ausser dem chemischen Einflusse, den die Entziehung der Gichtgase
t sich bringen sollte, sah Scheerer [3]) auch einen physikalischen Ein-
ss in der dadurch bewirkten Entziehung von Wärme.

Es wurden zahlreiche Beläge aus der Praxis für die Verschlechte-
ng des Ofenganges durch die Entziehung der Gichtgase aufgeführt [4]),

[1]) Z. B. in Schweden, vergl. Zeitschrift f. Berg-, Hütten- und Salinenwesen
Preussen 1867. S. 8. Die Literatur über die Geschichte der Gasentziehung
det sich in dem bereits citirten Werke Zerrenner's, Einführung, Fortschritt
d Jetztstand der metallurgischen Gasfeuerung im Kaiserthum Oesterreich, Wien
66, S. 250 u. f. zusammengestellt. — [2]) S. 531. — [3]) Metall. II, S. 41 — [4]) Op.
II, 112.

und zu gleicher Zeit suchte man zu beweisen, dass selbst, abgesehen hiervon, die ökonomischen Vortheile unbedeutend oder gar nicht vorhanden seien [1]).

Aber schon die allgemeine Einführung der Gichtgasentziehung in neuester Zeit weist nach, dass alles Fehlschlagen derartiger Einrichtungen nicht in der Sache, sondern in der falschen Anlage, oft auch in der falschen Benutzung der Gase gelegen haben müsse. Es werden einige Beispiele zeigen, wie scheinbar geringe Fehler in der Construction der Apparate oft einen bedeutenden Einfluss ausüben können.

Der bekannte Hochofenmeister S. H. Blackwell leitete einen mit einem sechsfüssigen Cylinder bei offener Gicht zum Abfangen der Gichtgase versehenen Ofen [2]). Es traten dabei zwei Uebelstände, nämlich Kippen der Gichten und Verbrennen der Formen, auf. Es schienen die bei den Verbrennungsapparaten angebrachten Essen die Gase nicht stark genug abzuziehen, man beschloss daher einen Doppeltrichter (siehe unten), als geschlossene Gicht anzuwenden. Sofort arbeitete der Ofen gut, regelmässig und mit starker Erzgicht, aber — das Roheisen war weiss. Trotz der Vergrösserung der Brennmaterialmenge und trotz des nun erfolgenden Auftretens guter grauer Schlacke blieb das Eisen nach wie vor weiss. Man beschloss, da graues Eisen erforderlich war, den Gichtgasfang aufzugeben und öffnete die Gasventile. Da wurde mit einem Male das Eisen grau und blieb so. Offenbar war also, da die Beschickungsweise genau dieselbe blieb (der Apparat war ja nicht entfernt worden), die Spannung der Gase zu hoch gewesen. Hätte man also, fügen wir hinzu, entweder die Gicht erweitert oder die Saugesse erhöht, so hätte man trotz Gasentziehung dasselbe Resultat erreicht.

Derselbe Blackwell hatte zu anderer Zeit zwei Hochöfen in Derbyshire zu leiten, deren Gase zur Winderhitzung benutzt wurden und welche unter gewöhnlichen Verhältnissen regelmässig arbeiteten. Wenn indessen der Wind von einer besonderen Richtung stand, so drückte er auf die sehr nahe der Gicht gelegenen Gasöffnungen derartig, dass das Gas nicht regelmässig ausströmte, oder gar mit atmosphärischer Luft gemischt in der Röhrenleitung hinabbrannte und grosse Unannehmlichkeiten verursachte. Eingeführte Blechcylinder von geringer Breite (nur $4^1/_2$ und 6 Fuss oder 1,4 und 1,8 Meter in Folge der engen Gichten) gaben zwar regelmässig unentzündetes Gas, aber in dem engeren Ofen kippten die Gichten, und

---

[1]) So z. B. von Truran, vergl. Berg- u. Hüttenm. Zeitg. 1856. S. 337. Der Bearbeiter selbst hat dies erfahren müssen. Als er oberschlesischen Hüttenleuten auf Grund seiner in Süd-Wales gesammelten Erfahrungen im Jahre 1860 Gichtgasentziehung vorschlug — es bestand eine solche Einrichtung damals nur auf der Redenhütte bei Zabrze — wurde er ebenso wie mit dem Vorschlage, geschlossene Wasserformen, sehr weite, gekühlte Gestelle und ähnliche Veränderungen anzuwenden, als „sonderbarer Schwärmer" verlacht, und doch sind jetzt alle diese Dinge mit gutem Erfolg eingeführt. — [2]) Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers. Birmingham Oct. 7. 1852. p. 196.

Production sank beträchtlich. Als man sich nach einigen Wochen
r Wiederentfernung des Cylinders gezwungen sah und andere Mittel an-
ndte, um das Entzünden der Gase zu verhindern, nahm der Ofen sofort
nen guten Gang wieder an. Der weitere Ofen arbeitete besser; als
loch bei diesem der Cylinder verbrannte, legte man einfache, aber tiefer
legene Gasöffnungen an und that dasselbe beim anderen Ofen. Beide
ngen nun Jahre lang gut fort und gaben reichlich Gas zur Wind-
hitzung ohne Anwendung irgend welcher Kohle in den Apparaten.
ich hier lag der Grund der Verbesserung in der Erweiterung der
cht. Das einfache Tieferlegen der Gasentnahmeöffnungen hätte nicht
nügt, wogegen trotz des Cylinders eine weite Gicht denselben Zweck
füllt haben würde.

Auch Blackwell zieht daraus den richtigen Schluss, dass die schlech-
n Resultate dieser und ähnlicher Einrichtungen auf anderen Werken
icht Folge der Gasentziehung an sich seien, sondern ihren Grund meist
der zu engen Gicht gehabt haben. „Es sei," bemerkt er, „die Ursache
er eintretenden Unregelmässigkeiten allerdings nicht in der Verengung
er Ofenweite durch den eingehängten Apparat zu suchen, da der dünne
lechcylinder eine kaum merkliche Verkleinerung des Querschnittes herbei-
ihre und also auch die Spannung der Gase nicht zunehmen könne, wohl
ber würde das durch den Apparat bewirkte ungleichmässige Nieder-
ehen der festen Substanzen und das ungleichförmige Aufsteigen der
sförmigen schon genügen, einen schlechten Gang hervorzurufen." In
ales, wo man von vornherein weite Gichten hatte, konnte man beim
inhängen der gleichen Gasapparate keinen Nachtheil bemerken.

Ort der Gasentziehung. Lässt man die Gase aus der Gicht ein-
ch entweichen und an der Atmosphäre verbrennen, leitet aber die Flamme,
statt sie ins Freie aufsteigen zu lassen, in irgend welche Apparate, än-
rt mithin nur ihre Richtung, so kann ein Einfluss auf den Hochofen-
ng hierdurch in keiner Weise ausgeübt werden. Diese älteste Methode,
e Gichtgase als directe Gichtflamme zu benutzen, ist auch erfahrungs-
ässig eine durchaus unschädliche für den Hochofengang.

Da indessen hierbei ein grosser Theil der Gase nicht vollständig an
m Orte, an dem die Hitze gebraucht werden soll, sondern früher oder
äter verbrannt wird, so ist die Ausnutzung der Gase auf diese Weise
ne sehr unvollkommene. Will man nun die Gase unverbrannt vom Ofen
rtleiten, so kann dies auf zwiefache Weise geschehen: erstens dadurch,
ass man sie ableitet und auffängt, ehe sie die Oberfläche der Beschickung
lie Gicht) erreichen und dort Gelegenheit haben, an der atmosphärischen
uft zu verbrennen, und zweitens dadurch, dass man sie zwar über die
eschickungssäule treten lässt, aber den Zutritt der Luft zu ihnen ab-
chneidet, also ihre Verbrennung verhindert, was nur durch Bedecken
er Gicht erzielt werden kann.

Gasabziehung unterhalb der Oberfläche der Beschickung Wenn man die Gase unterhalb der Oberfläche der Beschickung entzieht so kann dies natürlich an irgend einem Orte in der ganzen Höhe de Ofens geschehen. Nach den ersten Analysen Bunsen's, Playfair' und Scheerer's von den Hochofengasen könnte man über den Ort, w die Gase die grösste Heizkraft besitzen, einigermaassen zweifelhaft sein mit Zuhülfenahme der späteren Untersuchungen jedoch muss man als de Punkt, wo die Gase am reichsten an unverbrannten, brennbaren Bestandtheilen sind, eine geringe Höhe über der Form annehmen, nämlich de Theil des Hochofens, wo die vor der Form erzeugte Kohlensäure i Kohlenoxyd umgewandelt und aller Wasserdampf zersetzt ist, ohne das andererseits schon wieder eine Bildung von Kohlensäure durch Reduction der Erze eingetreten ist. Wollte man indessen an diesem Punkt die Gase ableiten, so würde man den Hochofenprocess in Folge der Entziehung des reducirenden Agens unmöglich machen. Die Gase habe erst in der Nähe der Gicht, wenn die Temperatur zu niedrig für ein reducirende Thätigkeit derselben geworden ist, ihre Wirksamkeit für de Hochofenprocess verloren, und erst dann darf man sie also fortnehmen ohne jenen zu beeinträchtigen. In den höchsten Regionen, in denen de gesammte Wassergehalt der Beschickung sich vorfindet, sind die Gase im Verhältniss so arm an brennbaren Bestandtheilen, dass sie sich zuweilen ohne Weiteres gar nicht mit Vortheil verwenden lassen, sondern erst durch vollständige Abkühlung von ihrem Wassergehalt befreit werden müssen, ehe man sie verbrennen kann.

Wenn man die mitgetheilten Analysen zu Grunde legt, so wird man im Allgemeinen 1 bis $1\frac{1}{2}$ (auch bis 2) Zehntel der Höhe von der Gicht abwärts als den Raum bezeichnen können, in welchem das Kohlenoxyd seine Aufgabe bereits vollständig erfüllt hat. In der Praxis rechnet man gewöhnlich 5 Fuss (1,75 Meter), indessen auch nicht selten 8 bis 11 Fuss (2,66 bis 3,66 Meter) von der Gicht, als die Tiefe, in der man unbeschadet des Hochofenganges Gase entziehen kann.

In den einzelnen Fällen wird man zweckmässig auf die Weise verfahren, dass man zuerst durch Proben oder Analysen den Punkt ermittelt, wo sich keine wesentlichen Mengen unzersetzten Wasserdampfes mehr befinden und sodann den Punkt, wo der Gehalt an Kohlenoxydgas nach oben zu nicht mehr abnimmt. Diese beiden Punkte bilden beziehungsweise die obere und die untere Grenze des Raumes, aus dem man die Gichtgase entziehen soll. Schwieriger ist allerdings die Frage zu entscheiden, wo die Gasentziehung am ökonomischsten ist. Es kann z. B. der Fall eintreten, dass durch tiefere Gasentziehung der Reductionsprocess zwar beeinträchtigt, also ein grösserer Brennmaterialaufwand im Hochofen nothwendig wird, und dennoch diese tiefere Entnahme deshalb als eine ökonomische Einrichtung sich berechnet, weil andernfalls be Nichtanwendung derselben der dann erforderliche Mehrverbrauch a

rennmaterial z. B. zum Rösten der Eisensteine die Eisenerzeugung kost-
ieliger machen würde.

Wenn man nun auch die Gase in der bezeichneten Gegend, d. h.
erhalb der Reductionszone entzieht, so kann trotzdem dadurch ein
nfluss auf den Hochofenbetrieb, und zwar durch dreifache Veranlassung,
sgeübt werden.

Erstens wird die von den Gasen mitgebrachte Wärme den obersten
eilen des Hochofens entzogen, die Vorbereitung der Materialien (Aus-
iben des Wassers u. s. w.) also verzögert; zweitens wird den Gasen
e bestimmte andere Richtung gegeben, als sie genommen hätten, wenn
n ihnen einen freien Austritt aus der Gicht gestattet hätte; drittens
an durch gewisse Einrichtungen an den Verbrennungsapparaten, z. B.
he Essen, den Gasen eine grössere Geschwindigkeit mitgetheilt wer-
n, als sie bei freiem Austritt aus der Gicht haben würden.

Was den ersten Punkt anbetrifft, so ist er schon insofern von prak-
cher Bedeutung, als die Materialien, nunmehr erst in tieferer Region ihr
asser abgebend, mit diesem die Gase mehr verunreinigen, als man nach
rher angestellten Beobachtungen hätte erwarten können. Indessen ist
ser Nachtheil meistens nicht gross, da die Gase, wie wir später sehen
rden, gewöhnlich vor ihrer Verwendung bis zur Condensation alles
assers abgekühlt werden. Wichtiger ist ein anderer Nachtheil, welcher
mentlich dann, wenn alle vorhandenen Gase entzogen werden, dadurch
tsteht, dass die über den Gasentziehungsöffnungen gelegene Ofenhöhe
s verloren für die Vorbereitung (Vorwärmung) der Erze angesehen und
her unter sonst gleichen Umständen die Gesammthöhe des Ofens ver-
össert werden muss.

Der zweite Punkt, die Richtungsänderung des Gasstroms, kann von
hr grossem Einflusse sein. Man kann die Gase niemals auf dem ganzen
uerschnitt, sondern nur entweder an den Wänden oder in der Mitte
bziehen. Zieht man sie an den Wänden ab, so wird hierdurch das
atürliche Bestreben der Gase, an den Ofenwänden entlang aufzusteigen,
och vermehrt; zieht man sie in der Mitte ab, so wird dem entgegen-
earbeitet.

Da die Gase, wie bereits schon Seite 280 erörtert, stets das Bestre-
en haben, wegen des geringeren Widerstandes an den Wänden schneller
mporzusteigen, als in der Mitte, so wird dieses für die Ausnutzung der
ase beim Hochofenprocess ungünstige Verhältniss durch seitliche Gas-
tziehung bis zu einem Grade wachsen können, dass der Hochofenprocess
esentlich gestört wird. An sich ist daher die Entziehung der Gase
us der Mitte vorzuziehen. Bei der Beschreibung der hierzu benutz-
ren Apparate wird sich indessen zeigen, dass gerade diejenigen Vor-
chtungen, welche geeignet sind, die Gase unterhalb der Beschickungs-
berfläche aus der Mitte des Ofenquerschnittes zu entziehen, leicht Stö-
ngen in Bezug auf den gleichmässigen Niedergang der festen Be-
hickungsmaterialien ausüben und daher nur unter besonderen Verhält-

nissen mit Vortheil angewendet werden können. Uebrigens ist zu berücksichtigen, dass der ungünstige Einfluss seitlicher Gasentziehung bei dicht liegenden Beschickungsmaterialien (mulmigen Erzen, zerreiblichen Kohlen) mehr hervortreten muss, als bei lose liegenden (festen Stückerzen und dichten Koks).

Der dritte Punkt ist die Schnelligkeit der Gase im Hochofen. Vorausgesetzt, ein Hochofen hätte an der Gicht und an den Formen gleichen Querschnitt und wäre leer und kalt, so würde der Wind dieselbe Geschwindigkeit an beiden Orten besitzen. Die Geschwindigkeit wird aber von unten nach oben einestheils dadurch vermehrt, dass der Wind bei der Verbrennung des Kohlenstoffs zu Kohlenoxyd, sowie durch Aufnahme anderer Gase und endlich in Folge der abnehmenden Pressung sein Volumen vergrössert, anderentheils dadurch vermindert, dass in Folge der von der Form bis zur Gicht abnehmenden Temperatur das Volumen der Gase in derselben Richtung sich verkleinert, sowie dadurch, dass die Reibung an den festen Materialien hemmend entgegen wirkt.

Da die Gicht in den meisten Fällen einen bedeutend grösseren Querschnitt hat, als der Querschnitt zwischen den Formen beträgt, so ist die Geschwindigkeit, mit welcher die Gase, wenn sie nicht künstlich abgeleitet werden, aus der Gicht ausströmen, gewöhnlich eine sehr geringe. Diese von der Construction des Hochofens wesentlich abhängige Geschwindigkeit des aufsteigenden Gasstroms wird nun durch ein Ansaugen der Gichtgase naturgemäss vergrössert. Bei einem Hochofen, in welchem vor Anlegung eines Gichtgasfanges die Gase eine zweckentsprechende Geschwindigkeit hatten, d. h. sowohl ihre Wärme hinreichend abgaben, als ihre chemische Wirksamkeit möglichst vollkommen ausübten, wird dies nach Einrichtung eines Gasentziehungs-Apparates mit Saugvorrichtung nicht mehr der Fall sein und es wird demgemäss der Ofengang verschlechtert oder der Brennmaterialverbrauch vergrössert, oder man muss, um die früheren Resultate zu erreichen, den Ofen erhöhen. Der verschlechterte Ofengang zeigt sich in diesem Falle meist in dem Eintreten des sogenannten Oberfeuers, d. h. einer zu hohen Temperatur in den oberen Theilen des Hochofens.

Bei einer weiteren Fortleitung der Hochofengase muss unter allen Umständen der Widerstand, welchen dieselben in der Gasleitung und den Verbrennungsapparaten finden, ein geringerer sein, als der, welchen ihnen die über ihren Abzugsöffnungen lastende Beschickungssäule verursacht, sonst würden die Gase den Weg aus der Gicht und nicht in die Gasleitung nehmen. Da nun die Gase meist auf der Hüttensohle verbrannt werden, so ist es aus dem angeführten Grunde nöthig, die Verbrennungsapparate mit einem künstlichen Zuge, einer Esse von etwas grösserer Höhe als die des Hochofens ist, zu versehen. Man kann mittelst dieser Einrichtung und durch Anbringung von Registern leicht den Zug und also auch die Geschwindigkeit der Gase so reguliren, dass die Gase den Hochofen mit einer Geschwindigkeit verlassen, die nur um

wenig grösser ist, als diejenige, mit der sie bei freiem Austritt, ohne weitere Auffangung, ausströmen würden. Aber auf diesen Punkt wird sehr häufig auf den Hüttenwerken zu wenig geachtet und dadurch ein schlechter Ofengang erzielt, den man dann der Gasentziehung an sich zuschreibt. An Stelle der Esse setzt man zuweilen (z. B. in Barrow in Cumberland) einen Saugeventilator, durch welchen die Gase zum Verbrennungsapparate befördert werden.

Man kann den (bei falscher Anlage) durch Verbindung einer höheren Esse oder eines Ventilators mit dem Verbrennungsapparat hervorgerufenen Nachtheil einer zu grossen Gasgeschwindigkeit zwar dadurch ganz vermeiden, dass man die Gicht des Ofens bedeckt und dieselbe nur beim Aufgeben der Beschickung ganz oder theilweise öffnet. Derartige Einrichtungen haben aber keinen Vorzug gegen diejenigen, bei denen die Gase über der Beschickung abgezogen werden, sondern vereinigen die Nachtheile beider Einrichtungen.

Die Geschwindigkeit der Gichtgase eines Hochofens lässt sich auf dreifache Weise ermitteln; erstens, indem man von der bekannten Geschwindigkeit der unten in den Hochofen eintretenden Gase die den Widerständen im Hochofen entsprechende Geschwindigkeit abzieht; zweitens, indem man das Volumen der aus der Gicht ausströmenden Gase berechnet und es durch den Querschnitt der Ausströmungsöffnung dividirt; drittens, indem man das aus Analysen abgeleitete Volumen der Gichtgase durch den Querschnitt der Ausströmungsöffnung dividirt. Alle drei Methoden geben in Folge unzureichender Kenntniss einiger zur Berechnung nöthiger Factoren unvollkommene Resultate.

1) Theoretische Grundlagen für die erste Art der Berechnung hat Schinz[1]) geliefert. Er findet, dass die Widerstände im Hochofen sich zusammensetzen aus der Reibung an den Materialien und den Umbiegungen, welche die Wege der Gase zwischen den Materialien zu erleiden haben, und berechnet den Widerstand der Reibung nach der Formel $\frac{KCT}{4S}p$ und den der Umbiegungen nach der Formel np, worin K den Reibungscoëfficienten $= 0{,}024$, CT die Contactfläche (Summe der von den Gasen bestrichenen Oberflächen der festen Materialien), p die der jedesmaligen Geschwindigkeit zukommende Druckhöhe[2]), S den Querschnitt des freien Raumes zwischen den Materialstücken und n die Zahl der Umbiegungen bedeuten. CT lässt sich nur unter der Annahme gleich grosser Stücke von bestimmter Form, z. B. Kugeln, finden, ebenso n, welches dann gleich ist dem Quotienten des Durchmessers der Stücke in die senkrechte Höhe des Schachtes (beziehungsweise Schachtabschnittes). Ebenso unsicher ist die Bestimmung von S; schon Mayrhofer[3]) hat ver-

[1]) Documente betreffend den Hochofen S. 40 und S. 116. — [2]) $p = \frac{v^2}{2g}$, v Geschwindigkeit in Metern, $2g = 19{,}62$ Meter. — [3]) Oesterr. Zeitschr. f. Berg- u. Hüttenwesen 1861, S. 100.

sucht, das Verhältniss des von Gasen erfüllten Querschnittes zu dem der festen Materialien numerisch zu bestimmen und hat es = 1 : 2 angenommen, d. h. er glaubt, die Gaswege nehmen $^1/_3$, die festen Materialien $^2/_3$ des Gesammtquerschnittes in Anspruch. Eine Begründung dieser Annahme vermisst man indessen. Schinz geht rationeller zu Werke, indem er unter der Annahme, die Materialien seien Kugeln von gleichem Durchmesser, das Verhältniss = 0,2154 : 0,7846 oder = 1 : 3,6 berechnet. Uebrigens macht Schinz richtig darauf aufmerksam, dass selbst dies Verhältniss vor den Formen, wo die Brennmaterialstücke gewissermaassen im Gasstrome schwimmen, nicht mehr ganz zutreffen könne, und in der That lässt sich auch annehmen, dass da, wo alles Brennmaterial vergast wird, die Gase einen sehr bedeutenden Theil des Querschnitts anfüllen. Aber selbst unter der Voraussetzung, dass alle jene Annahmen der Wahrheit hinreichend nahe liegen, muss man, um p zu finden, doch noch das Volumen der Gase kennen und dies wird, wie bereits erwähnt, bei gleicher Pressung theils durch die Temperatur, theils durch Aufnahme anderer Bestandtheile verändert. Schinz nimmt zur Vereinfachung seiner Berechnungen an, dass sich das Volumen der Gase aus dem zuletzt angeführten Grunde nicht ändere, dass sich daher die jedesmalige Geschwindigkeit v durch Division des auf die herrschende Temperatur bezogenen Volumens durch den freien Querschnitt und daraus p nach der bekannten Formel $\frac{v^2}{2g} = p$ [1]) ergebe.

2) Zur Berechnung des Volumens der Gichtgase aus dem Volumen des eingeblasenen Windes bedient man sich folgenden Weges, welchen Mayrhofer [2]) zuerst angebahnt hat. Das effectiv durch jede Düse in den Ofen gelangende Windquantum ist (nach Seite 174) M_0, das gesammte Windquantum bei n Düsen oder Formen daher $n\,M_0$. Dasselbe enthält $0{,}21\,n\,M_0$ Vol. Sauerstoff und $0{,}79\,n\,M_0$ Vol. Stickstoff. Da 1 Vol. Sauerstoff zwar 1 Vol. Kohlensäure aber 2 Vol. Kohlenoxyd giebt, so entstehen $(0{,}41 + 0{,}79)\,n\,M_0 = 1{,}20\,n\,M_0$ Volumina. Ist nun die Temperatur im Hochofen t, so entsteht das Volumen $1{,}20\,n\,M_0\,(1 + 0{,}00366\,t)$ und ist die Pressung (der Ueberdruck über den Druck der Atmosphäre) p, so erhält man das Volumen

$$M_2 = \frac{1{,}20\,n\,M_0\,(1 + 0{,}00366\,t)\,0{,}76}{0{,}76 + p}.$$

Beim Aufsteigen der Gase vermehrt sich das Volumen wesentlich durch den Theil Kohlenoxyd, welcher in Folge der Erzreduction in Kohlensäure übergeht und dadurch sein Volumen verdoppelt. Nennt man diesen Theil c, so wird aus $1{,}20\,n\,M_0$ das Volumen: $(0{,}41 - c)\,n\,M_0 + 2\,c\,n\,M_0 + 0{,}79\,n\,M_0 = (1{,}20 + c)\,n\,M_0$. Wird endlich mit $r\,n\,M_0$ das Volumen der aus dem Kalkstein hinzutretenden Kohlensäure, des Wasserdampfes etc. bezeichnet, so erhält man als Gichtgasvolumen

[1]) Siehe Anmerkung 2. S. 325. — [2]) Loc. cit.

$$M_3 = \frac{(1{,}20 + c + r)\, n\, M_0\, (1 + 0{,}00366\, t_1)\, 0{,}76}{0{,}76 + p},$$

da an der Gicht $p = 0$ ist,

$$M_3 = (1{,}20 + c + r)\, n\, M_0\, (1 + 0{,}366\, t_1).$$

Wenn nun die Gase aus der Gicht im vollen Querschnitt des Ofens F römen, so ist $\frac{M_3}{F} = v$ die Geschwindigkeit der Gichtgase. t_1 kann nach dem Vorhergehenden im Durchschnitt zu 300° angenommen en, schwierig aber ist es, a priori die Werthe von c und r auch nnähernd zu bestimmen.

3) Genaue Resultate ergeben sich nur aus einer Berechnung, welche auf Analyse der Gichtgase gründet. Da der Stickstoffgehalt der an Form und Gicht für dieselbe Zeiteinheit gleich ist, so lässt sich olumen der Gichtgase aus dem mit der atmosphärischen Luft in Ofen gelangenden Stickstoffvolumen mit Zuhülfenahme von Tempe- und Pressung berechnen. Ein Beispiel zeigt dies am besten. In Ofen zu Hammarby (Seite 223) sind die Gase an der Gicht auf Vol. Stickstoff zusammengesetzt aus

41,2	Vol.	Kohlenoxyd,
24,0	„	Kohlensäure,
13,6	„	Wasserstoff,
2,7	„	Grubengas,
5,4	„	Wasserdampf,
100,0	„	Stickstoff
Zusammen: 186,9	Vol.	

Das Volumen der Gichtgase, welche pro Secunde aus dem Hochofen römen, ist mithin, da pro Secunde in den Ofen 0,235 Cubikmeter oder 0,186 Cubikmeter Stickstoff eingeführt werden,

$$\frac{186{,}9 \,.\, 0{,}186}{100} = 0{,}348 \text{ Cubikmeter}$$

Secunde. Die Pressung der Gichtgase ist in 0,89 Meter Tiefe zu ,6^{mm} Wassersäule gefunden, verschwindet daher für die Rechnung, gen die Temperatur von 500° das Volumen auf 0,348 (1 + 0,00366) = 0,985 Cubikmeter vergrössert. Der Durchmesser der Gicht ist 485 Meter, also deren Fläche 1,73 Quadratmeter. Die Geschwindig- les Gasstroms $v_1 = \frac{M_3}{F_1}$ ist mithin $\frac{0{,}985}{1{,}73} = 0{,}57$ Meter.

Durch Vergleiche der Ofengase in verschiedenen Tiefen lassen sich iese Weise auch die Widerstände im Hochofen ermitteln, aber man dann gezwungen, eine Annahme in Bezug auf das Verhältniss der ge zum Querschnitt der festen Materialien einzuführen.

In dem Hammarby-Ofen bestehen z. B. die Gase vor der Form aus

62,4	Vol.	Kohlenoxyd,
0,8	„	Kohlensäure,
2,8	„	Wasserstoff,
100,0	„	Stickstoff
Zusammen: 166,0	Vol.	

Dies giebt pro Secunde 0,309 Cubikmeter Gas, die Temperatur ist 2000°, die Pressung 0,16 Meter Wassersäule = 0,0118 Meter Quecksilbersäule, daher das Volumen

$$M_2 = \frac{0{,}309\ (1 + 0{,}00366\ .\ 2000)\ 0{,}76}{0{,}76 + 0{,}012} = 2{,}53 \text{ Cubikmeter.}$$

Wäre der Querschnitt ganz frei, so würde die Geschwindigkeit $v = \frac{M_2}{F}$, da der Dtr. an den Formen 0,891 Meter beträgt, $= \frac{2{,}53}{0{,}891} = 4{,}4$ Meter sein, unter der Zugrundelegung der Mayrhofer'schen Annahme über den Querschnitt der Gaswege dagegen = 4,4 . 2 = 8,8 Meter, unter Zugrundelegung der Schinz'schen Annahme 4,4 . 3,6 = 15,8 Meter pro Secunde[1]).

Man sieht leicht, dass die Geschwindigkeit im umgekehrten Verhältniss zur Gichtweite steht. Bei einem Ableiten der Gase unterhalb der Beschickungsoberfläche vertritt das Gasleitungsrohr die Gicht. Da nun das Volumen der Gase an der Ableitungsstelle so gross angenommen werden kann, als es sein würde, wenn die Gase aus der Gicht ausströmten, so würde die Geschwindigkeit der Gase bei ihrem Eintritt in das Rohr $\frac{M_3}{f}$ sein, wenn mit f der Querschnitt des Leitungsrohres bezeichnet wird. Es herrscht aber in dieser grösseren Tiefe auch eine grössere Pressung und da sich daher das Volumen M_3 zum Volumen M_4 am Abzugsrohr umgekehrt verhält wie die Pressung an der Gicht p_3 zur Pressung in der tieferen Gegend p_4, d. h. $\frac{M_3}{M_4} = \frac{0{,}76 + p_4}{0{,}76 + p_3}$, so braucht der Querschnitt der Rohrleitung auch nur ein entsprechend geringerer als der der Gicht zu sein.

Gasentziehung über der Beschickungsoberfläche. Will man die Beschickung von den Gasen ganz durchziehen lassen, so muss man, falls man die Gase nicht direct als Gichtflamme verwendet, den Luftzutritt abschneiden, man muss mit anderen Worten die Gicht bedecken.

---

[1]) Mayrhofer fand sehr abweichende, zum Theil durch Rechenfehler veranlasste Resultate. Conf. Oesterr. Zeitschr. f. Berg- u. Hüttenw. 1861, S. 118. — Truran nimmt für enge Gichten 32 Meter pro Secunde als Maximum an. Conf. Kerl, Metall. III, S. 234.

Verdienst, auf die Vortheile dieses Verfahrens gegenüber der Ablei- der Gase unterhalb der Beschickungsoberfläche zuerst aufmerksam cht zu haben, gebührt dem bekannten Eisenhüttenmann Parry in r-Vale (Süd-Wales). „Das Gas," sagt derselbe, „muss aus einer ner entnommen werden, welche über der Oberfläche der Beschickung ruirt ist; denn wenn es aus irgend einem anderen Punkt des Hoch- unter jener Oberfläche entnommen wird, so folgen Nachtheile in erem oder geringerem Maasse"[1]). Der Vorzug des erwähnten Ver- ns besteht nämlich darin, dass die Gase in chemischer und physi- cher Beziehung vollständig für den Hochofen ausgenutzt werden, man ihnen keine grössere Geschwindigkeit zu geben braucht, als sie hrem natürlichen Ausströmen haben würden, ja dass man diese Ge- indigkeit herabdrücken und die Gase dadurch zu einem längeren eilen im Hochofen zwingen kann.

Indessen bietet die Ableitung der Gase bei bedeckter Gicht in Ver- h mit der vorher besprochenen Gasentziehung auch folgende beiden theile. Erstens bewirkt die Bedeckung der Gicht, dass man nicht r die Beschickungsoberfläche und deren Niedergang beobachten , dass beim Oeffnen des Gichtverschlusses der Gasstrom mehr oder er unterbrochen wird, falls nicht wieder mit den Verbrennungs- aten Saugvorrichtungen verbunden sind, dass daher die Vertheilung Beschickung auf mechanische Weise vorgenommen werden muss. ens erhält man in den Gichtgasen die gesammten Wasserdämpfe der ickung und hat daher in den meisten Fällen eine Reinigung der unumgänglich nothwendig.

Es hat sich aus Versuchen von Hoff ergeben, dass die zweckmässigste ung der Gase bei geschlossener Gicht $^{1}/_{12}$ bis $^{1}/_{8}$ Zoll (2,2 bis Millim.) Wassersäule sei, weil dann die Reibung in den Gasleitungen hinreichend überwunden wird, so dass die Gase im Verbrennungs- ate in gleichmässigem Strome austreten, ohne dass es irgend einer nden Vorrichtung bedarf [2]).

---

[1]) Proceedings of the South Wales Institute of Engineers, I, p. 26. Jan. 1858. Bearbeiter stimmt, wie das Folgende ergiebt, mit der entschiedenen Ansicht y's vollkommen überein und theilt nicht die vermittelnde Ansicht Percy's, er in Betreff dieses Gegenstandes sagt: „Es hat, wenn ich nicht sehr irre, rung an vielen Orten sowohl in England als anderswo gelehrt, dass das gas, wenigstens theilweise, selbst in beträchtlicher Tiefe unter der Oberfläche eschickung, mit Vortheil und ohne schädlichen Einfluss entzogen werden Um nicht missverstanden zu werden: Während Parry in seiner Folge- correct sein mag in Bezug auf eine besondere Methode der Gichtgasentzie- auf ein besonderes Zusammentreffen von Bedingungen, was Art des Erzes, rennmaterials u. s. w. anbetrifft, so ist er doch nicht berechtigt, so abspre- alle anderen Methoden bei dem Zusammentreffen von anderen Bedingungen urtheilen. Nichtsdestoweniger ist das Princip, welches er ausspricht, die über der Oberfläche der Beschickung zu entziehen, gesund und wahrschein- erwendbar auf Oefen jeder Art und arbeitend unter allen Bedingungen."

[2]) Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure, Bd. VII, S. 436.

Intermittirender Wind. Das Verkennen der angeführten Grundsätze verleitete einige Hüttenwerke [1]) um das Jahr 1860, dem Hochofen den Wind in Absätzen zuzuführen, um, wie man glaubte, in den Zwischenzeiten den Gasen Ruhe und Gelegenheit zu grösserer Wirksamkeit zu lassen. Wenn dieses bald wieder aufgegebene Verfahren anfangs einige Vortheile mit sich brachte, so lag der Grund offenbar nur darin, dass man vorher unter falschen Verhältnissen, d. h. mit einer zu grossen Geschwindigkeit des Gasstroms (wahrscheinlich in Folge zu enger Gichten) gearbeitet hatte.

Anwendung der Hochofengase. Es bleibt nun noch die Frage zu erörtern, zu welchen Zwecken man die Hochofengase am besten verwendet.

Zuerst soll man sie zum Betrieb der Gebläsemaschinen anwenden, falls man Dampf als Movens der letzteren benutzt. Gebläse und Hochofen sind innig zusammengehörig. Sie verfolgen denselben Zweck. Geht der Hochofen schnell und entwickelt er in Folge dessen reichlich Gase, so braucht man viel Wind, folglich viel Dampf zum Betrieb der Maschine und umgekehrt. Es werden daher auch auf Hüttenwerken oft die Dampfkessel der Gebläsemaschinen jahrelang mit Gichtgasen betrieben, ohne irgend welcher Hülfsfeuerung (für die man nichtsdestoweniger vorsichtiger Weise die Anlage machen wird) zu bedürfen. Die Erfahrung hat gelehrt, dass zur Erzeugung des nöthigen Dampfes für den Wind eines Hochofens dessen Gichtgase immer mehr als ausreichend sind.

Falls man nun die Gebläsemaschinen mit Wasserkraft betreibt (z. B. in Schweden), so wendet man am zweckmässigsten die Gichtgase zum Erzrösten an. Auch das Erzrösten steht in innigster Verbindung mit dem Hochofenprocess. Je schneller der Ofen geht, je mehr Gase er erzeugt, um so mehr gerösteter Erze bedarf man.

Für beide Zwecke gleichzeitig werden selten die Gase ausreichen. Man giebt in diesem Falle bei Verwendung der Gase der Gebläsemaschine den Vorzug, da sie in der Nähe des Hochofens gelegen sein muss, während die Erzröstöfen auch an entfernteren Orten angelegt werden können.

Die noch überschüssigen Gase wird man am zweckmässigsten zur Winderhitzung verwenden. Obwohl auch diese mit dem Hochofenbetrieb innig verknüpft ist, so ist doch das Abhängigkeitsverhältniss nicht in dem Sinne vorhanden, wie bei den zwei vorhergenannten Vorrichtungen. Geht nämlich der Ofen schlecht und entwickelt er die wenigsten Gase, so braucht man gewöhnlich den heissesten Wind und umgekehrt. Obwohl nun die Winderhitzungsapparate schon ihrer Lage wegen auf Gichtgasfeuerung hindeuten, so darf man sie doch aus dem angeführten Grunde nie ohne Reservefeuerung lassen, und es hat da, wo die Gichtgase gar

[1]) Espérance in Belgien, Oberhausen in Rheinland.

zur Dampferzeugung gebraucht werden, seine volle Berechtigung, zur Winderhitzung andere Brennmaterialien anzuwenden.

Ganz falsch und unvortheilhaft ist es nun aber, Hochofengase zu Processen zu benutzen, welche in durchaus keinem Zusammenhange mit dem Hochofenprocess selbst stehen, als da sind: Ziegelbrennen, Kalkbrennen (es sei denn als Zuschlagskalk [1]), Puddeln, Schweissen u. s. w. In allen diesen Fällen wird man immer unökonomisch arbeiten.

Vor einiger Zeit war es allerdings eine Leidenschaft der Ingenieure, mit einem und demselben Apparate die verschiedensten Zwecke erreichen zu wollen. Dieselbe Maschine sollte blasen, pumpen, walzen u. dgl. m., derselbe Ofen sollte Roheisen erzeugen und zugleich die Hitze zum Feinen, Puddeln und Schweissen liefern. Von diesen, jeder Arbeitstheilung Hohn sprechenden Principien ist man glücklicher Weise in neuerer Zeit ganz abgekommen.

Gichtgasentziehungsapparate oder Gasfänge.

1. Apparate zur Entziehung der Gichtgase unterhalb der Beschickungsoberfläche.

a. Entziehung der Gichtgase an den Wänden des Hochofens.

Wasseralfinger Gasfang. Die einfachste und älteste Methode, die Gase unterhalb der Beschickungsoberfläche zu entziehen besteht darin, dass man in einer gewissen Tiefe den Kernschacht durch eine oder mehrere Oeffnungen durchbricht. In dieser Weise sind beinahe alle schwedischen, viele englische und deutsche Hochöfen construirt.

Gewöhnlich sind die Oeffnungen im Mauerwerk einfach ausgespart, ohne dass der Kernschacht des Hochofens im Uebrigen irgendwie verändert ist. Oft aber zieht man auch direct über diesen Oeffnungen den Kernschacht mehr oder weniger zusammen, um den Gasen den Austritt aus dem Ofen zu erleichtern.

In dieser Weise sind z. B. die Oefen zu Dundyvan in Schottland und zu Pontypool in Süd-Wales construirt. Beide Einrichtungen finden sich in Fig. 177 und Fig. 178 (a. f. S.) dargestellt.

In jedem dieser Oefen sind acht Oeffnungen von oblonger Gestalt rings im Kernschachte vertheilt. Sie stehen mit einem ringförmigen Raume in Verbindung, welcher nach der Gicht zu mündet und dort nur durch Platten abgeschlossen ist, um leicht gereinigt werden zu können. Die Gase strömen aus diesem Ringe in das eiserne Fortleitungsrohr [2]).

---

[1]) In welchem Falle der Kalkbrennofen mit dem Erzröstofen auf gleicher Stufe steht. — [2]) On the arrangement of the Materials in the blast furnace and the applications of the Waste-Gases. By S. H. Blackwell, of Dudley. Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers. Birmingham. Oct. 27. 1852. p. 191.

Aehnlich war auch der bereits 1832 zu Wasseralfingen angewandt von Faber du Faur construirte Gasfang. Der mit Holzkohlen betrieben

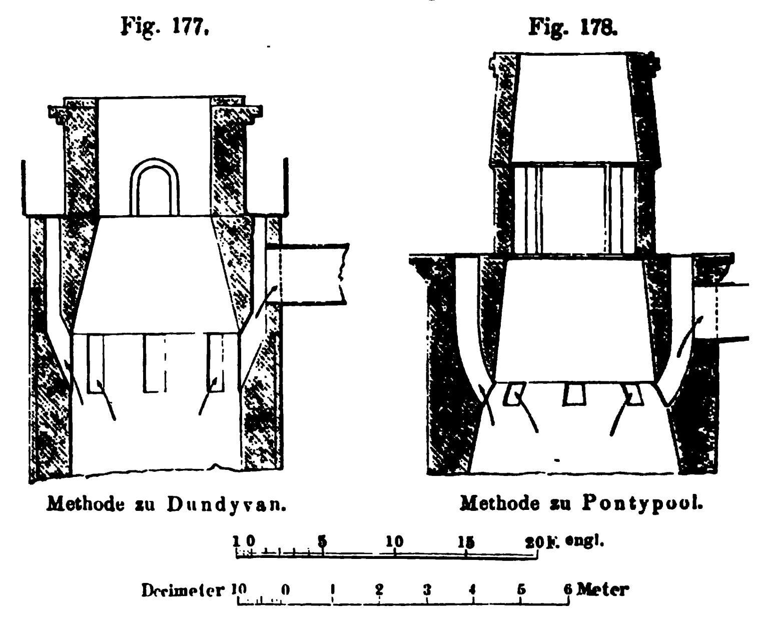


Fig. 177. Methode zu Dundyvan.

Fig. 178. Methode zu Pontypool.

Hochofen hatte unmittelbar unter der Gicht an einer Seite eine Oeffnung von wo die Gase in einem ansteigenden, mit Gusseisen verkleideten Ca zum Winderhitzungsapparat gelangten, welcher unmittelbar am Gicht mantel stand [1]). Diese Vorrichtung ist in Fig. 98 bis 100 S. 120 abgebildet. Hier entzündeten sich indessen die Gase beim Niedersinken der Beschickung meist schon vor dem Eintritt in den geneigten Canal und die Einrichtung beruht daher mehr auf der Benutzung der Gichtflamme, a auf der Entziehung unverbrannter Gase, welche dort erst 1837 eingeführt wurde.

In Schweden bringt man zuweilen zwei Reihen von Gasentziehungsöffnungen über einander an, oder man entzieht aus zwei sich gegenüber liegenden Oeffnungen die Gase einerseits zur Winderhitzung, andererseits zur Röstung der Erze. Die Gasleitung geht hier gewöhnlich ganz od beinahe horizontal zum Röstofen, so dass ein besonderes Ansaugen durch Essen nicht nöthig wird [2]). Die Gasentziehungsöffnung für die Röstöfen ist circa 1 Fuss (0,314 Meter) im Querschnitt und gewöhnlich 10 b 16 Fuss (3,14 bis 4,40 Meter) unter der Gicht, beim Hochofen zu Ha

[1]) Notice sur l'appareil qui sert à chauffer le vent alimentant les hauts f neaux de la fonderie royale de Wasseralfingen. Par. M. Voltz. Annal. des mi Sér. 4. p. 77. 1833. Worin die Benutzung des heissen Windes, die Benutz Gichtgase zur Erhitzung desselben und die Anwendung kupferner Wa en beschrieben wird. — [2]) Vergl. im folgenden Capitel: Rösten der Erze.

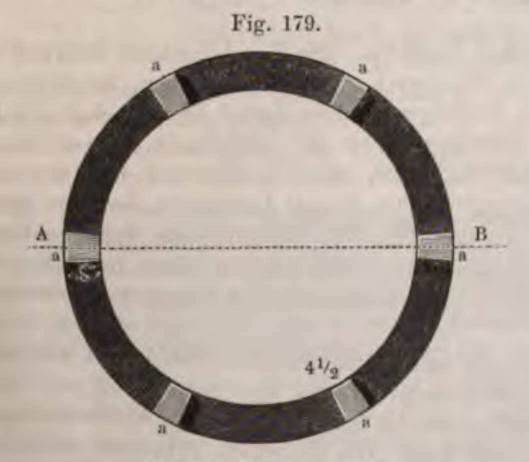
arby z. B. 16 Fuss (4,750 Meter), bei dem zu Forssjö 14 Fuss (4,157 eter), zu Hasselfors 12 Fuss (3,564 Meter).

Man hat bei allen diesen Einrichtungen in Grösse und Zahl der Abtungsöffnungen sehr variirt. Das Richtige ist, dass sie rund um den fen vertheilt sind, und nur die genaue Grösse haben, welche dem verngten Gasquantum entspricht. Werden die Gasöffnungen so gross anlegt, dass eine oder wenige derselben genügen, um das ganze Gasantum abzuführen, so tritt dieselbe Erscheinung ein, als hätte man ur eine oder wenige Oeffnungen an einer Seite des Ofens, d. h. die ase nehmen ihren Weg nur nach der Seite, wo sie den kürzesten Weg, lso den geringsten Widerstand bis zur Gasleitung haben.

Siegener Gasfang. Da die Oeffnungen im Mauerwerk durch die erabgleitenden Erzmassen sehr der Zerstörung ausgesetzt sind, so hat nan dieselben durch einen eisernen eingemauerten Ring zu schützen gecht. Eine derartige Construction ist in Fig. 179 bis 181 abgebildet [1]).

Fig. 179 giebt die Ansicht des Ringes von unten, Fig. 180 den urchschnitt desselben nach der Linie *AB* der vorhergehenden Figur, ig. 181 (a. f. S.) die ganze Anordnung. Der gusseiserne Ring von 8 Zoll ,209 Meter) Stärke und 4½ Zoll (0,118 Meter) Höhe ist mit 6 Füssen) versehen und in den Kernschacht eingemauert. Die Füsse oder Stollen

Fig. 179.



Eiserner Ring von unten.

Fig. 180.

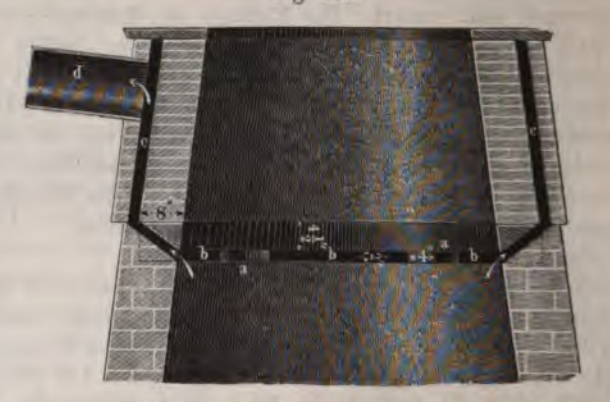


Durchschnitt nach *AB*.

[1]) Aus der schlesischen Wochenschrift 1861, S. 264.

haben 2 bis 3 Zoll (0,052 bis 0,078 Meter) Höhe, die Tiefe des Ringes, also 8 Zoll (0,209 Meter), eine Breite von circa 4 Zoll (0,105 Meter) und

Fig. 181.



Gasfang eines Siegener Hochofens.

lassen zwischen sich die schlitzförmigen Oeffnungen *b b* für die Gasentziehung. Die Gase gehen durch den ringförmigen Raum *c c* in das Hauptleitungsrohr *d*.

Pfort'scher Gasfang. Die Unmöglichkeit, während des Betriebes Oeffnungen im Mauerwerk repariren zu können, führte zu einer anderen Gattung von Gasfängen, welche darauf beruht, dass ein Cylinder von geringerem Durchmesser, als der Ofenschacht, in den oberen Theil des letzteren eingehängt wird, zwischen sich und den Ofenwandungen also einen ringförmigen Raum für das Entweichen der Gase lässt. Statt der einzelnen Oeffnungen der eben beschriebenen Apparate bildet sich nun ein zusammenhängender Schlitz, und während bei mehreren früher erwähnten Apparaten zum Sammeln der Gase ein ringförmiger Raum im Kernschacht selbst vorhanden war, ist auch hier ein solcher gebildet, derselbe aber von Innen durch den metallenen Cylinder statt durch Mauerwerk begrenzt.

Man nennt diese Apparate wohl häufig belgische Gasfänge, weil sie in Belgien sehr verbreitet sind. Sie sind jedoch in Deutschland, und zwar von Pfort erfunden, welcher den in den Figuren 182 und 183 abgebildeten Apparat bereits 1842 veröffentlichte [1]).

Fig. 182 ist ein Verticaldurchschnitt durch die Axe des Hochofens und Apparates zu Veckerhagen, Fig. 183 ein Querschnitt durch die Gasableitungscanäle.

[1]) Der Flammofenbetrieb mit brennbaren Gasen zu Veckerhagen. Von Hütteninspector C. Pfort. Studien des Göttingenschen Vereins bergmännischer Freunde 5. p. 1. 1842.

Es sind hier zwei Cylinder von Gusseisen a und b, jeder 4,58 Fuss (1,438 Meter) hoch und 1 Zoll (0,024 Meter) stark, von denen der äussere 1 Fuss (0,287 Meter) mehr Durchmesser hat als der andere, in die Gicht eingehangene. Der innere Cylinder b bildet die Verlängerung vom tieferen Theile des Kernschachtes. Der $5^1/_2$ Zoll (0,143 Meter) weite ringförmige Raum a, durch welchen die Gase entweichen, ist nach Aussen durch den weiteren Cylinder begrenzt, welches als Auskleidung des Kernschachtes dient. Durch die Canäle c, d und e, welche mit Schiebern versehen sind, so dass man den Gasdurchfluss in jedem beliebig reguliren kann, gehen die Gase zu ihren Benutzungsorten.

Fig. 182.

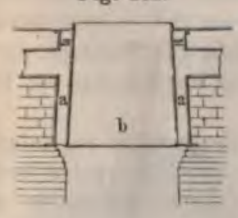


Fig. 183.



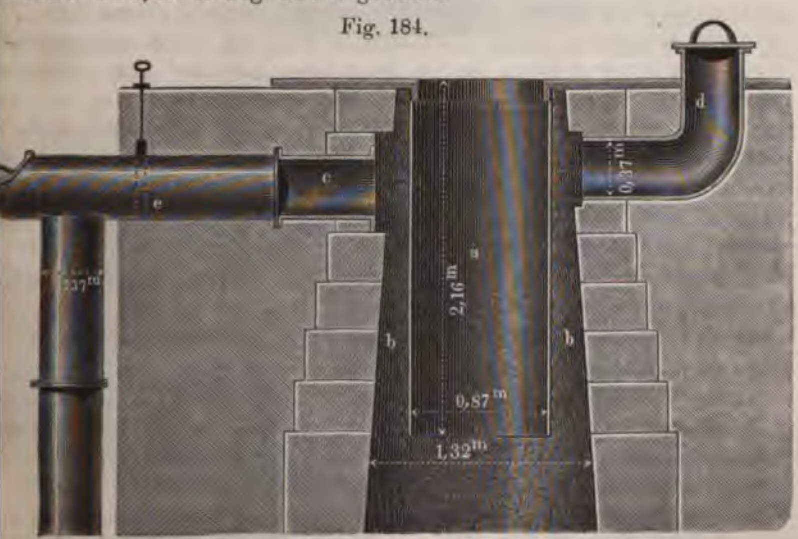
Veckerhagener Gasfang.

Das Gas, welches durch c entwich, wurde in Veckerhagen zur Erhitzung des Windes, das aus d zur Dampferzeugung für eine 6pferdige Maschine und aus e zur Verkohlung von Holz in Oefen benutzt.

Später liess man den äusseren Cylinder meist als überflüssig fort, construirte den inneren aus Blech und gab ihm bald eine verticale, bald eine conische Gestalt.

Ein verticaler Cylinder, wie er zu Vordernberg in Steyermark angewendet wird, ist in Fig. 184 abgebildet.

Fig. 184.

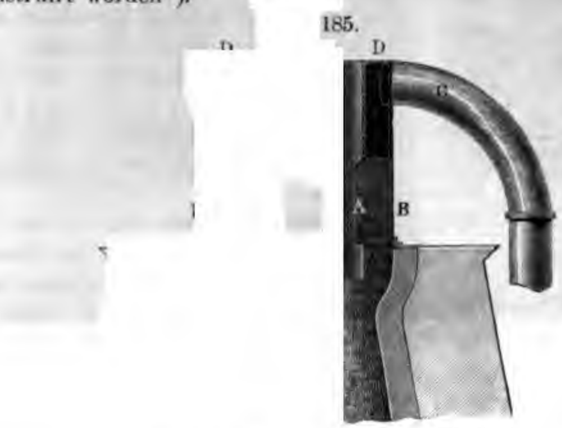


Gasfang zu Vordernberg.

Der Cylinder (a) ist hier von starkem Eisenblech und lässt zwischen seiner Aussenfläche und dem Kernschachte des Hochofens einen Raum b von circa 4 bis 9 Zoll (0,105 bis 0,237 Meter). Die nutzbaren Gase werden durch das Rohr c abgeführt; ein etwaiger Ueberschuss derselben aber wird durch das Rohr d abgeleitet und kann zur Nachtzeit zur Beleuchtung der Gicht angewendet werden [1]. e ist ein Schieber zur Regulirung des Gasquantums.

Um den nachtheiligen Einfluss eines tief in die Gicht ragenden Cylinders, welcher die Beschickung im gleichmässigen Niedergehen hindern kann, zu vermeiden und doch zugleich einen stabilen Gasfang zu erhalten, ist im Jahre 1862 vom Hüttendirector Winzer zu Georg-Marien-Hütte der ganz aus Eisenblech bestehende, in Fig. 185 dargestellte Gasfang construirt worden [2].

Fig. 185.



Gichtgasfang zu Georg-Marien-Hütte.

Er besteht aus zwei concentrischen Cylindern AA und BB, von welchen der Cylinder AA etwas in den Ofen hineinreicht, sich nach oben verlängert und mittelst eines ringförmigen Deckels DD mit dem ebenso hohen Cylinder BB verbunden ist. Durch beide Cylinder, welche circa 15 Zoll (0,392 Meter) Spielraum zwischen sich lassen, sind die vier Aufgebeöffnungen AB ausgespart, deren Wandungen gasdicht mit den beiden Cylindern vernietet sind.

b. Entziehung der Gichtgase aus der Mitte des Hochofens.

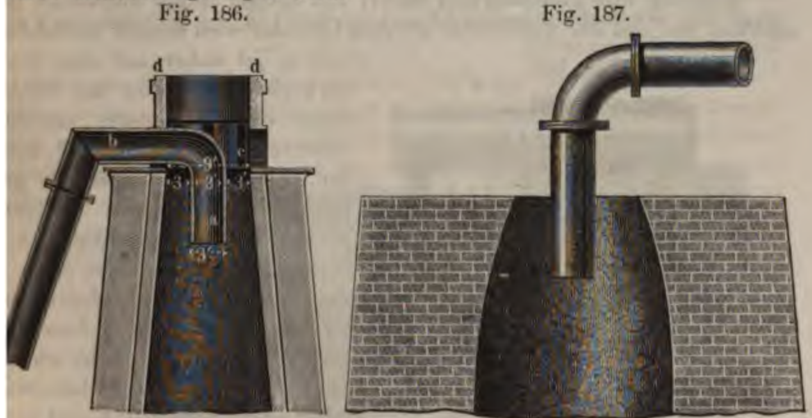
Darby'scher Gasfang. Um die Uebelstände einer Gasentziehung an den Wänden bei offener Gicht zu vermeiden, senkte man ein cylindrisches oder schwach conisches Rohr in die Mitte des Ofens ein.

---

[1]) Kerl, Hüttenk. I, S. 301. — [2]) Zeitschr. des Vereins deutscher Ingenieure 1863, S. 433 u. Blatt 5.

Das einfachste derartige Arrangement ist das von Darby[1]). Es ist in Fig. 186 abgebildet. Ein gusseisernes oder Blechrohr *a* ist in die Mitte des Ofenschachtes eingehängt und mit einem horizontalen, auf dem Gichtplateau aufliegenden Rohrtheil *b* derart fest verbunden, dass es durch denselben getragen wird.

Fig. 186. Fig. 187.

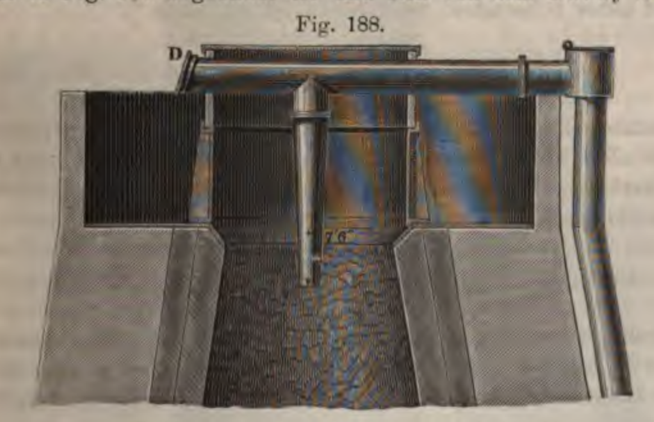


Darby'sche Gasfänge.

Der Gichtmantel *dd* (*Tunnel-head*), welcher die das Material aufgebenden Arbeiter vor den noch frei entweichenden und brennenden Gichtgasen schützt, ist von Aufgebeöffnungen *c* durchbrochen. Wegen einer besseren Zugänglichkeit der Gicht behufs der Beschickung wird das Ableitungsrohr zuweilen auch höher gelegt, wie Fig. 187 zeigt.

Vielleicht gleichzeitig mit Darby (1858) richtete der Hüttendirector Schäffler zu Neustadt am Rübenberge bei Hannover einen Gasfang ein, welcher in Fig. 188 abgebildet ist und sich von dem Darby'schen nur

Fig. 188.



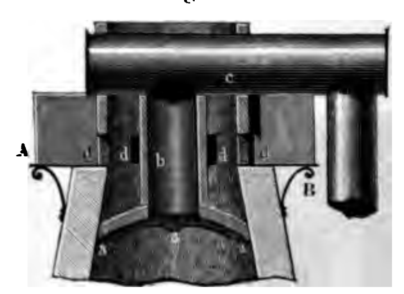
Gichtgasfang am Rübenberge bei Hannover.

[1]) Berg- u. hüttenm. Ztg. 1858, S. 263.

dadurch zu unterscheiden scheint, dass sich das Gasrohr nach unten etwas verengt. Es geht 4 Fuss (1,25 Meter) unter das Niveau der Beschickungsmasse, ist im Uebrigen aber jedenfalls im Verhältniss zur Gicht viel zu eng angelegt.

Gasfang mit gemauertem Rohr. Ein solcher durch ungleiches Beschicken hin und her gedrückter eiserner Cylinder wird schnell beschädigt, und es ist daher auf den Hüttenwerke zu Barrow bei Ulverstone eine gemauerte centrale Gasentziehung eingerichtet worden, welche durch ebenfalls gemauerte Gurtgewölbe gestützt wird. Fig. 189 zeigt diesen Apparat. Das gemauerte Rohr steigt 5,83 Fuss (1,83 Meter) unter die Gicht des Hochofens herab und ruht auf sechs schmalen Gurtbögen *a a a*, welche zwischen dem Kernschacht und dem Rohre in gleichen Abständen gespannt sind. Das Rohr hat circa ½ des Durchmessers der Gicht, nämlich 1,37 Meter. Es ist mit einem Blechcylinder ausgefüttert, weniger der Haltbarkeit, als vielmehr des leichteren Anschlusses an die horizontal, circa 4,85 Fuss (1,52 Meter) über der Gicht liegenden Gasleitung *c* wegen, welche gleichfalls aus Blech besteht. Das Rohr ist mit einem Regulirungsschieber versehen. Das Aufgeben geschieht durch die Oeffnung *d* im Gichtmantel. Es möge hierbei erwähnt werden, dass die Gase durch Ventilation abgesaugt werden und zwar wie man angiebt, weil an der den Seestürmen sehr ausgesetzten Stelle ein hinreichend hoher Schornstein nicht Stand halten würde [1]).

Fig. 189.



Gichtgasfang zu Ulverstone.

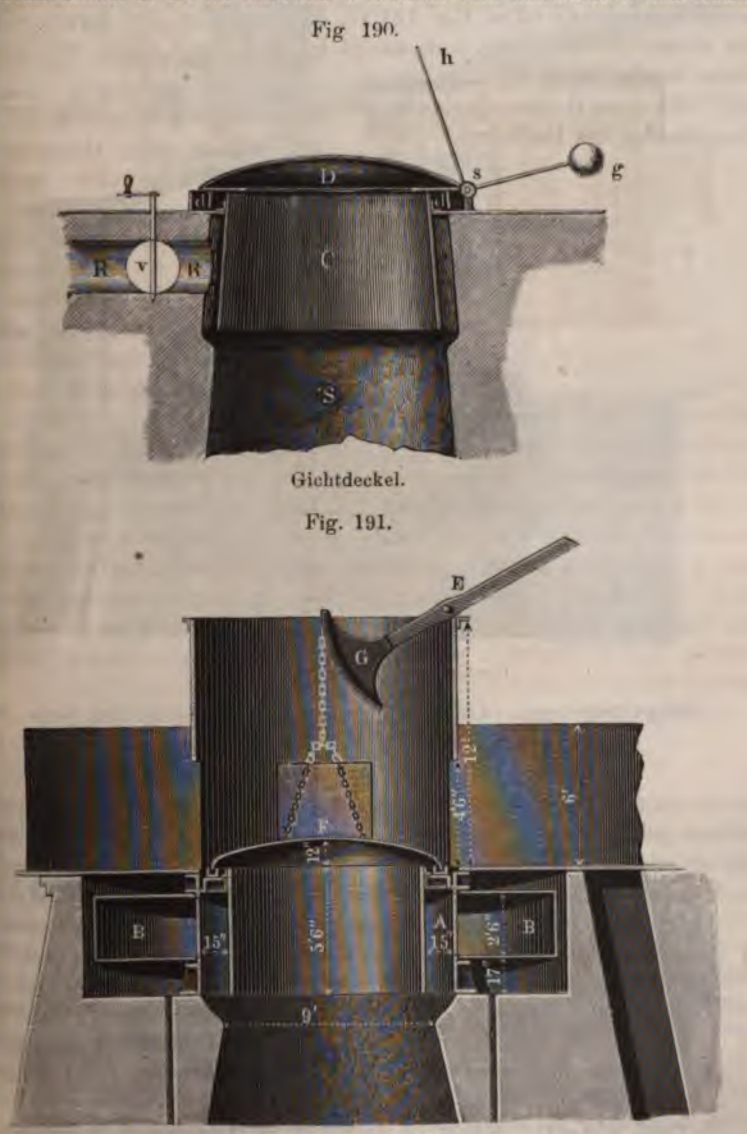
c. Gichtverschlüsse.

Gichtdeckel und Gichtglocken. Ein nicht zu verkennender Vortheil aller bisher geschilderten Apparate zur Entziehung der Gichtgase unterhalb der Beschickungsoberfläche liegt darin, dass das Aufgeben der Materialien in keiner Weise gehindert wird. Die offene Gicht führt aber andererseits zu einem Verluste an Gasen, gewöhnlich mindestens ⅓ der Gesammtmenge, falls man nicht so starke Saugapparate anbringt, dass selbst die von den Gasentziehungsöffnungen entferntesten Gastheile gezwungen werden, ihren Weg in den Apparat statt zur Gicht zu nehmen. Man hat deshalb den zuerst genannten Vortheil zuweilen theilweise aufgegeben und die Gicht durch einen Deckel, Gichtdeckel (*top cover*) verschlossen

[1]) Der Gasfang von Ulverstone war 1862 bereits längere Zeit in Betrieb und durch ein Modell auf der Industrieausstellung zu London vertreten.

Der einfachste und älteste derartige Verschluss besteht in einem Deckel, en Rand in einen mit Asche gedichteten die Ofengicht umgebenden ; eingreift und der sich an einer Seite um ein Charnier dreht, rend er an der anderen Seite durch eine Kette oder vermittelst eines els gehoben werden kann. Die Vorrichtung ist in Fig. 190 abgebildet. Gichtdeckel *D* ist im Charnier *s* drehbar und kann durch den Hand-

Fig 190.



Gichtdeckel.

Fig. 191.

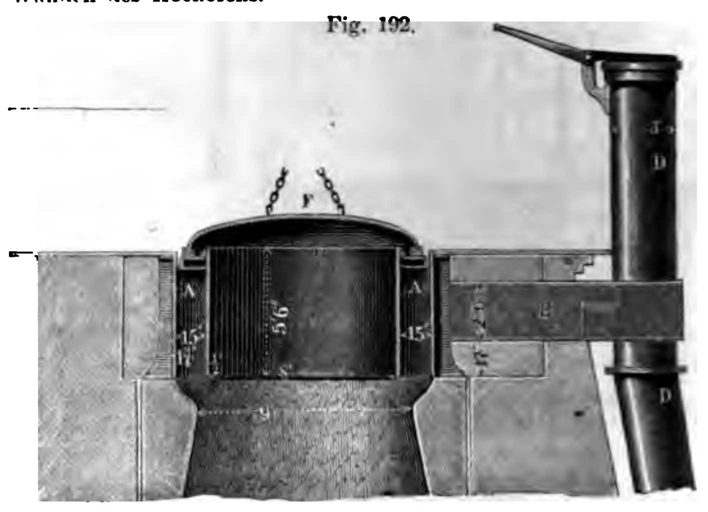
Gichtglocke zu Hörde.

griff *h* aufgeklappt werden. Diese Arbeit wird durch das Gegengewic *g* erleichtert. Der Kranz *d* ist mit Wasser, Asche oder Sand gefüllt

Ein solcher Gichtdeckel hindert das Aufgeben von der Seite, welcher sich das Charnier befindet, und man thut daher bei grossen Ho öfen besser, den Deckel (die Glocke) oberhalb seines Schwerpunktes lassen und ihn mit oder ohne Leitungen senkrecht zu heben. Eine d artige Einrichtung ist in Fig. 191 (S. 339) und Fig. 192 dargestellt, die Glocke *F* an Ketten aufgehängt ist und durch einen zweiarmi Hebel bewegt wird.

Alle diese Gasfänge gehören zu der Gruppe I a. mit Entziehung den Wänden des Hochofens.

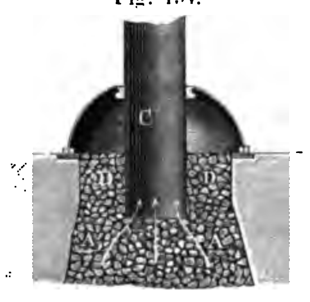
Fig. 192.



Gasfänge mit Glockenverschluss.

Ringverschluss. Um bei centraler Ableitung der Gase ein Verschluss herbeizuführen, hat Coin zu Aubin in Frankreich (1856) ringförmiges Ventil construirt, welches in Fig. 193 (Seite 341) abgebildet ist [2]).

Fig. 194.



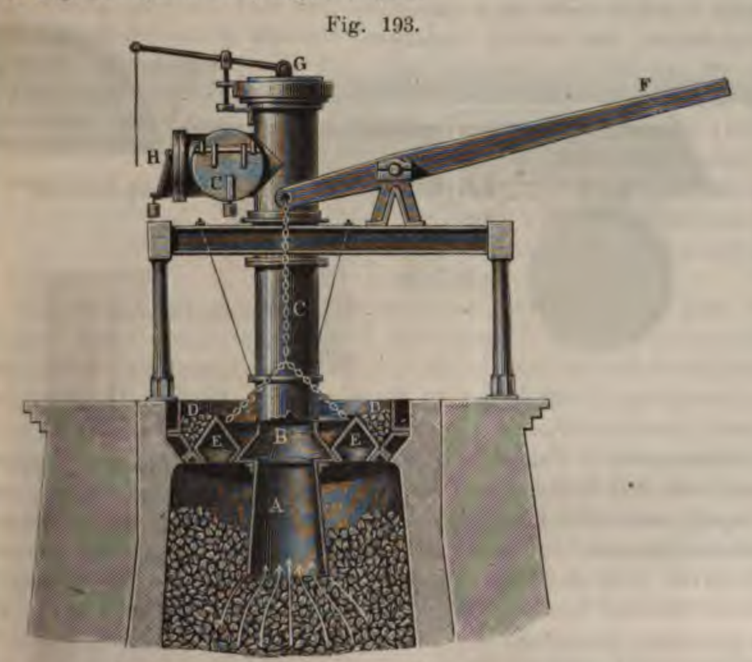
Ringförmiger Glockenverschluss.

Der vom Gasabzugsrohr *AB* und dem Rumpf *DD* gebildete ringförmige Raum ist durch den dachförmigen Ring *E* geschlossen. Dieser Ring lässt sich zum Einlassen der Bedeckung vermittelst der Kette *C* und des Hebels *F* heben.

[1]) Vergl. Scheerer, Metall. Bd. II. S. 174. — [2]) Zeitschr. d. Vereins d. I. cit.

Verzichtet man auf die selbstthätige Beschickung, so kann derselbe weck durch eine einfache ringförmige Glocke erreicht werden, wie e in Fig. 194 (Seite 340) abgebildet ist.

Fig. 193.



Ringförmiger Gichtverschluss am Gasfang zu Aubin.

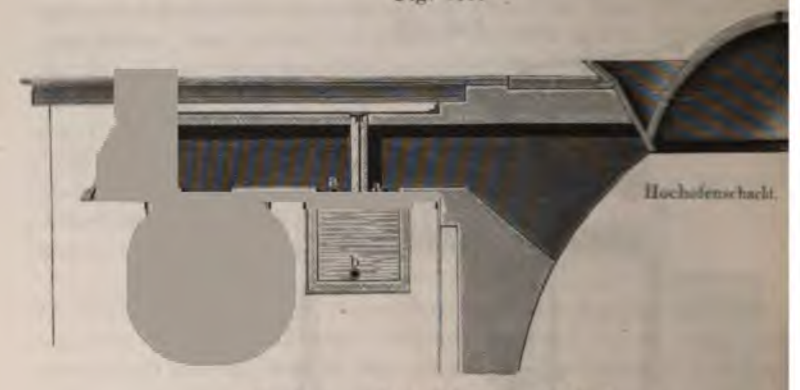
2. Apparate zur Entziehung der Gichtgase oberhalb der Beschickungssäule.

Wenn man einen der vorher mitgetheilten Gichtverschlüsse anwenlet und die Gasentziehungsöffnungen nicht unter die Oberfläche der Bechickungssäule, sondern über dieselbe, also sehr nahe der Gicht anbringt, o hat man den einfachsten Apparat zur Entziehung der Gichtgase oberalb der Beschickungssäule.

In dieser Weise scheinen auch die ältesten zu dieser Gruppe gehörigen Apparate construirt worden zu sein und man findet dergleichen noch neuerdings z. B. zu Cwm-Celyn in Süd-Wales und auf der Königshütte in Oberschlesien. In Fig. 195 (a. f. S.) ist eine solche Vorrichtung abgebildet. Man hatte bei diesen Constructionen anfänglich weit weniger die Pressungsverhältnisse, als die Absicht, die Gase möglichst vollständig aufzufangen, im Auge, bis der Hüttenmeister Parry in Ebbw-Vale diesen

Punkt gleichzeitig mit der Construction des nach ihm benannten App-rates in das richtige Licht stellte.

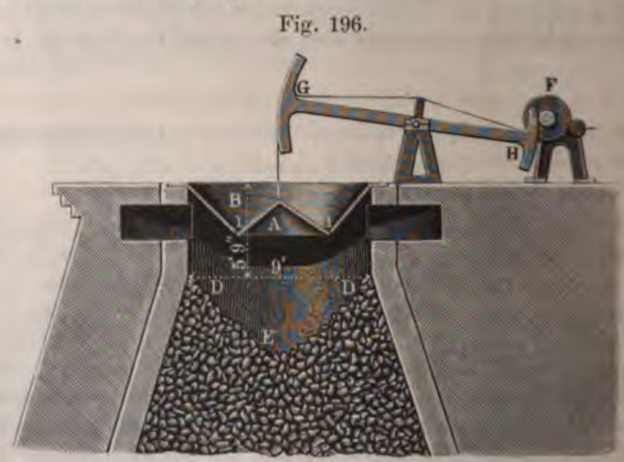
Fig. 195.



Gasfang zu Cwm-Celyn in Süd-Wales.

Parry'scher Trichter. Der Parry'sche Gichtgasentziehungsappa welcher in Süd-Wales, später auch in Deutschland sich sehr allgemei Eingang verschaffte, wird wegen seiner Zusammensetzung aus zwei ke förmigen Stücken der Parry'sche Doppeltrichter oder Parry's Trichter (*Cup and cone*) genannt. Er ist in seiner Anwendung einem Hochofen bereits in Fig. 24 auf S. 25 mitgetheilt und in Fig. in grösserem Maassstabe abgebildet.

Fig. 196.

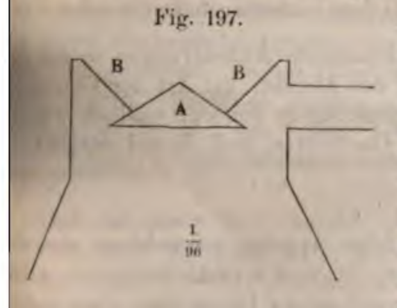


Gasfang zu Ebbw-Vale.

Ein abgestumpfter, mit der Spitze nach Unten gekehrter, ho sseiserner Kegel *B* ist in die Gicht des Hochofens so eingesenkt,

n weiterer Rand im Niveau des Gichtplateaus liegt. In denselben an einer Kette ein zweiter gusseiserner, nicht abgestumpfter, aber gleichfalls hohler Kegel *A* mit der Spitze nach Oben gekehrt eingehängt. Die für eine zweckmässige Beschickung von Parry für die besten gehaltenen Verhältnisse und Neigungswinkel sind in Fig. 197 in $^1/_{96}$ natürlicher Grösse angegeben [1]). Die Basis des inneren Kegels beträgt hier etwa $^2/_3$ der Gichtweite und $^4/_3$ der kleinen Oeffnung des abgestumpften Kegels.

Fig. 197.

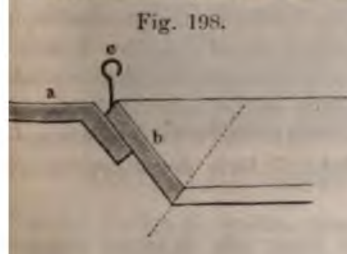


Der innere aufrechte Kegel ist mit seiner Spitze an einer Kette bestigt. Diese hängt ihrerseits an dem einen Ende des doppelarmigen ebels *GH*. Der Hebel hat seinen Stützpunkt an zwei auf dem Gichtplateau fgestellten Lagerböcken und trägt am anderen Ende ein gezahntes Segnt *H*, welches in ein durch die Hand mit oder ohne Uebersetzung beweg- Getriebe *F* eingreift. Die Gase dringen durch die Beschickung, sammeln h über derselben, ziehen in einen ringförmigen Raum und von dort in Gasleitung. Die Beschickung wird auf den ringförmigen Raum *ll* theilt und gelangt in den Ofen, sobald der innere Kegel gesenkt wird. durch bildet sich ein Schlitz zwischen den beiden Kegeln, durch wel- n nun allerdings während des Beschickens ein geringer Antheil der se entweichen kann.

George Parry hat diesen Apparat zuerst im März 1850 zu Ebbw- le angewendet und nahm die Idee aus einem von Jessop zu Butter- - und Codnor-Park-Eisenhütte in Derbyshire nur zur Beschickung der rtigen Hochofen ganz ähnlich construirten Apparate [2]), welcher übrigens on um 1800 zu Cyfartha in South-Wales zur Begichtung angewendet rden sein soll.

Da es bei dem Parry'schen Gasfange zuweilen vorkommt, dass die tte reisst und dann der innere Conus nicht leicht aus dem Ofen ent- nt werden kann, so ist man allgemein von dem früheren Arrangement abgegangen, nach welchem der äussere Kegel an seiner Basis mit einem angegossenen auf dem Gichtplateau aufliegenden Rande versehen war, und construirt diesen Kegel nun statt aus einem aus zwei Theilen, wie Fig. 198 zeigt.

Fig. 198.



In den mit einer Flantsche versehenen Ring *a* wird der abgestumpfte

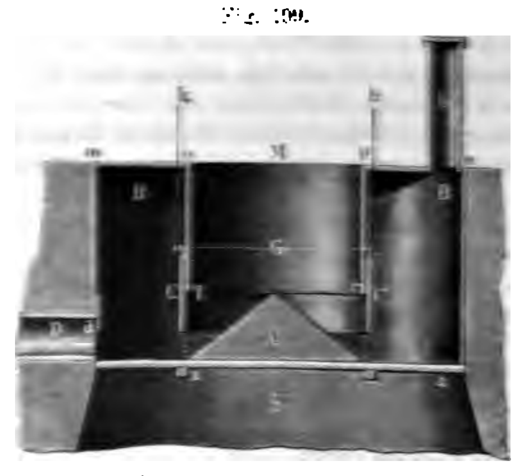
[1]) Proceedings of the South-Wales Institute of Engineers. Jan. 1858. T. VI. — Supplement to Ure's dictionary of Arts, Manufactures etc. 1844. p. 217.

Kegel [illegible] angeschliffen, so dass er, ohne das Gichtplateau verlassen zu müssen, mit dem äusseren Kegel gemeinschaftlich, oder für sich an einigen eingegossenen oder angeschraubten Ösen herausgehoben werden kann.

Mannichfache in der Praxis vorkommende Abänderungen dieses Apparates haben ihren Grund nicht in der Absicht, die Art der Gasentziehung, sondern nur die Art der Beschickung zu ändern, weshalb wir auf diese Vorrichtung in den folgenden Abschnitten noch einmal zurückkommen müssen.

Telescopenapparat. Ein ähnlicher Apparat, bei welchem aber der innere Theil festliegt und der äussere, der hier cylinderförmig ist, gehoben wird, wenn beschickt werden soll, ist zu Blaina und Cwm-Celyn [illegible] Eisenhütten in Süd-Wales angewendet und in Fig. 199 abgebildet.

Fig. 199.



Telescopenapparat zu Blaina.

In die Gicht ist ein kurzer schmiedeeiserner Cylinder *opqr* eingehängt. Der ringförmige Raum zwischen ihm und dem Kernschacht ist nach oben durch die Platte *mopn* ganz geschlossen. Die cylinderförmige Haube *CC* lässt sich auf den Cylinder *opqr* vermittelst der Drähte *k* und *k* auf- und abschieben, so dass man den zwischen dem Cylinder *opqr* und dem festliegenden Conus *A* bleibenden Raum beliebig verschliessen oder öffnen kann. Der Conus *A* ruht auf eisernen Balken *aa*. Die nutzbaren Gase gehen durch das Rohr *D* fort, die überschüssigen entweichen durch das Rohr *b*.

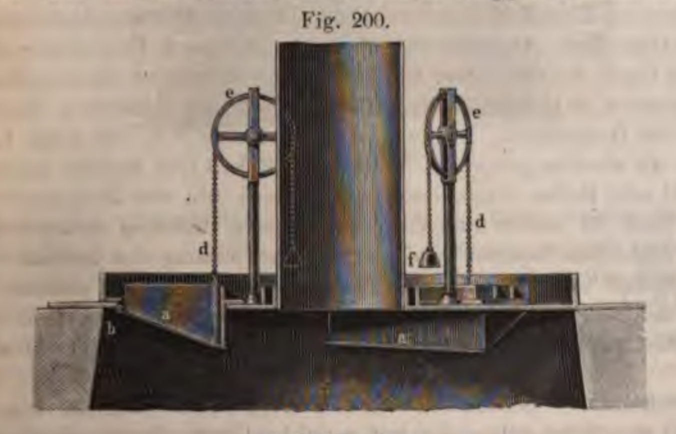
Da der Apparat complicirter als der vorige ist, da ferner die eisernen Tragbalken häufigem Verbrennen ausgesetzt sind, so hat er sich keinen weiteren Eingang zu verschaffen gewusst.

Glockenapparate. Alle zu der Kategorie der Parry'schen Dop-
richter gehörigen Apparate haben den grossen Nachtheil, dass sie die
hickung im Ofen vollständig dem Auge entziehen, dass sie daher
keine mechanische Arbeiten zur Ausbreitung und Vertheilung der
erialien gestatten. Diesen Uebelstand vermeidet die folgende Gruppe
Apparaten. Dieselben werden nach dem Erfinder derjenigen Con-
ction, welche sich am besten bewährt hat, mit dem allgemeinen
nen Langen'sche Glocken oder kurz Glockenapparate be-
hnet.

Auch bei ihnen wird das Gas erst oberhalb der Beschickungssäule
eführt, aber die Gicht kann ganz geöffnet werden. Um indessen
bei geöffneter Gicht den Gasstrom wenig oder gar nicht zu unter-
hen, oder denselben doch für den Arbeiter weniger belästigend zu
hen, befindet sich das Abzugsrohr nicht seitlich am Ofen, sondern ver-
über der Gicht.

Oakes' Gasfang. Die diesen Apparaten zu Grunde liegende Idee
freilich schon älter als die Ausführung von Langen, welchem seine
richtung 1861 patentirt wurde, denn William Oakes nahm bereits
7 [1]) ein Patent auf einen Gasentziehungsapparat, bei welchem ein
nder einerseits bis zum Niveau der Gicht reichte, und andererseits in
über der Gicht liegende horizontale Gasleitungsröhre mündete, wäh-
der übrig bleibende Raum der Gicht durch nahezu horizontale Be-
ckungsthüren verschlossen war. Dieser Apparat ist in Fig. 200 dar-
ellt. Die um die Charniere *b* drehbaren Klappen *a* lassen sich ver-

Fig. 200.



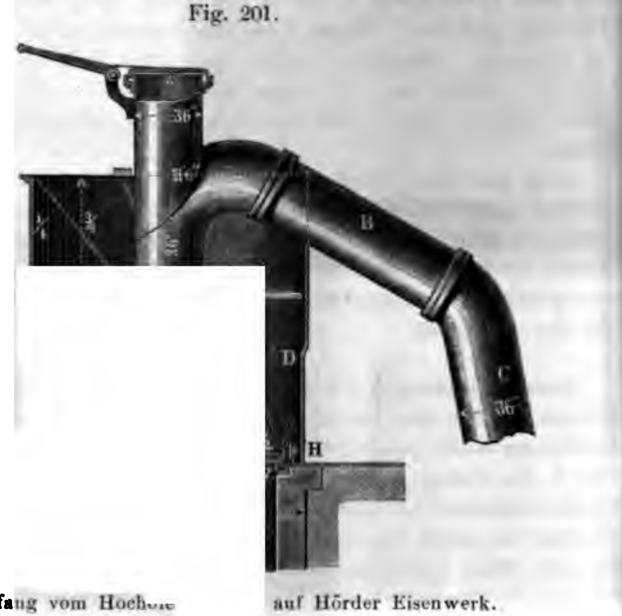
Oakes' Gasfang.

telst der Ketten *d*, welche über die Rollen *e* gehen und mit Gegen-
ichten *f* versehen sind, öffnen und schliessen.

[1]) Improvements in the Manufacture of Iron. A. D. 1857. Nr. 493.

Hörder Gasfang. Ein diesem Apparate sehr ähnlicher Gasfang wurde von Hoff zu Hörde[1]) construirt, kam dort 1861 zur Anwendung und ist in seiner ersten Form in Fig. 201 abgebildet. Das Hauptgasrohr *ABC*

Fig. 201.



Gasfang vom Hochofen auf Hörder Eisenwerk.

ist in dem aus Eisenblech hergestellten Gichtmantel *DD* so aufgehängt, dass sein unteres Ende *A* genau über dem Centrum der 9 Fuss weiten Gichtöffnung liegt. An die untere Oeffnung dieses Rohres ist ein ringförmiger Wasserkasten *EE* angenietet. Concentrisch mit demselben liegt am Rande der Gichtöffnung ein zweiter Wasserkasten *FF*. In beide Kästen reichen die abwärts gebogenen Ränder des Deckels *GG*, welcher ausserhalb bei *HH* acht Rollen trägt, auf denen er sich wie eine Drehscheibe bewegen lässt. Er besitzt vier Klappen *JJ*, deren Dichtung ebenfalls durch Wasserverschlüsse bewirkt wird. Durch die Drehung des Deckels sollte das Aufgeben an verschiedenen Stellen des Ofens bewirkt werden. Es zeigte sich indessen bald, dass dies unnöthig sei, und man liess daher später die Drehung ganz fort, wodurch der Apparat sehr vereinfacht wurde.

Gichthut. Sodann erdachte Turley 1860 den in Fig. 202 (S. 347) abgebildeten Gasfang mit centraler Gasentziehung oberhalb der Beschickung, welchen derselbe Gichthut nannte[2]). Der Deckel *G* schliesst

[1]) Angeblich drei Jahre vor der Abfassung des öfters citirten Artikels in der Zeitschr. d. Vereins d. Ing. (1863. S. 433), also 1859. — [2]) Berg- u. Hüttenm. Zeit. 1860. S. 158.

ıt und ist in einer Rinne c mit Asche gedichtet. In der Mitte ach oben in ein Rohr verlängert, welches sich in dem feststehen- seisernen Stutzen F fernrohrartig schieben kann. Die Oeffnung l

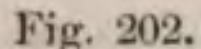
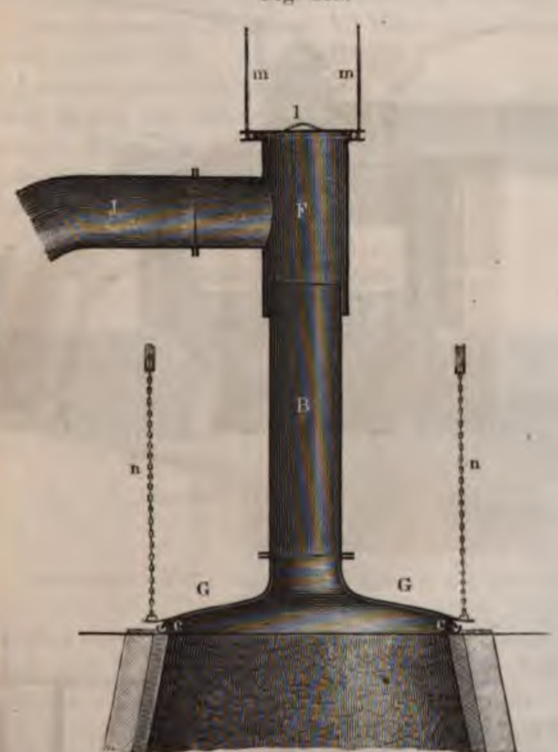


Fig. 202.



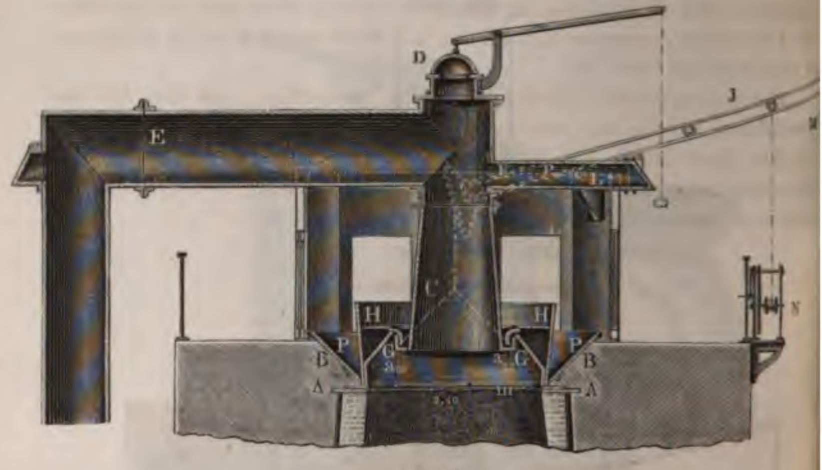
Turley's Gichthut.

ittelst eines Deckels oder Ventils verschlossen, welches durch die gen m, die zugleich den Stutzen F tragen, geführt wird. Ver- der Ketten $n\,n$ wird beim Beschicken des Hochofens der Hut G und das Rohr B verschliesst dann gleichzeitig den Ausgang der die Leitung J, während die Gase selbst durch das emporge- Ventil l ins Freie entweichen.

ngen'scher Gasfang. Diese drei beschriebenen älteren Apparate eiden sich wesentlich von dem Langen'schen dadurch, dass sie Gasentziehung nicht gleichzeitig eine selbstthätige Beschickung des rbinden, sind deshalb unvollkommener und haben keine grosse ung gefunden, während der Langen'sche Gasfang sehr häufig wird. Dieser Gasfang ist in der Form, in welcher er zu Hochdahl

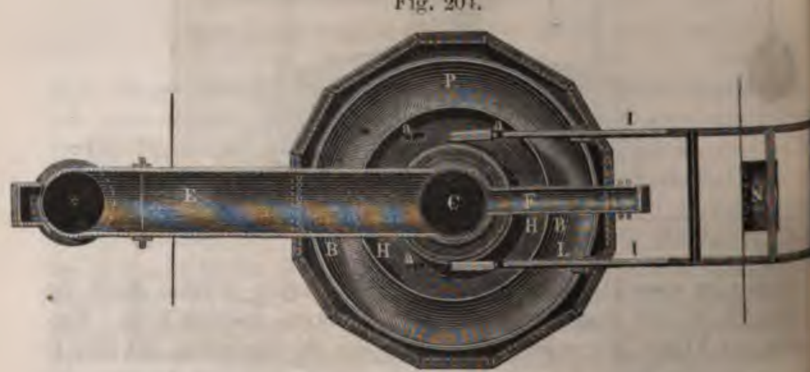
angewendet wird, in Fig. 203 und 204 abgebildet[1]). *A* ist eine gusseiserne Platte mit aufgenietetem Trichter *B*, dessen unterer Theil aus Gusseisen,

Fig. 203.



Aufriss.
Langen'scher Gasfang zu Hochdahl.

Fig. 204.



Grundriss.
Langen'scher Gasfang zu Hochdahl.

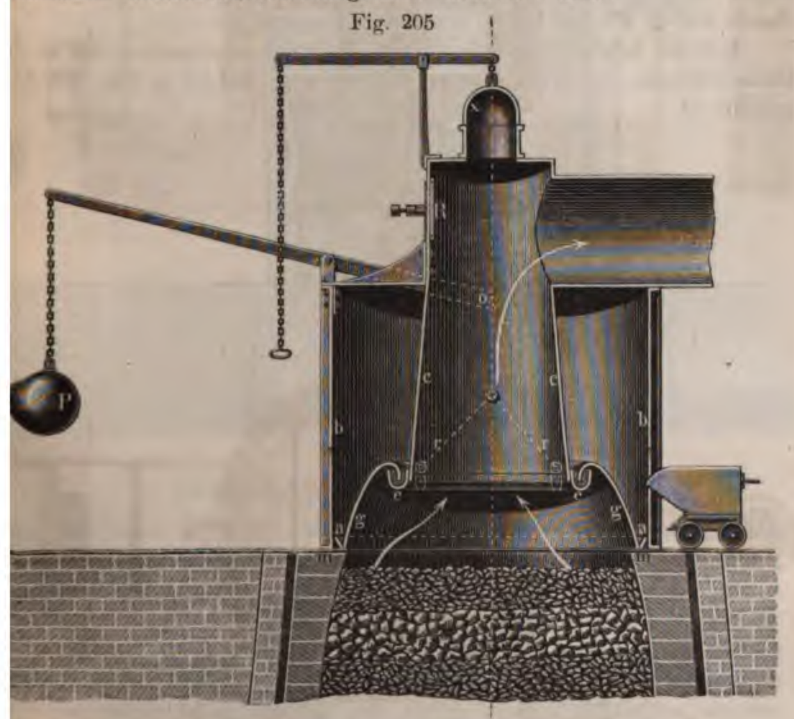
dessen oberer Theil aus Blech besteht. *C* ist das Gasaufsaugerohr mit Sicherheitsventil *D* und Ableitungsrohr *E*. Das Rohr *F* dient gleichzeitig als Stütze und Sicherheitsrohr. *G* ist eine gusseiserne Glocke, die mit ihrem oberen Rande in den Wasserverschluss an der Röhre *C* eindringt und vermittelst Getriebes *N* durch den doppelarmigen Hebel *J*

[1]) Op. cit. 1865. S. 396.

r mit Gegengewicht M beschwert und an dem die Glocke mit vier
tten durch die Bolzen a befestigt ist, gehoben werden kann. L sind
e Lager für die Axe des Hebels, H ist die an die Glocke angenietete
echgarnitur, die den Aufgeberaum P nach Innen zu begränzt. Das
argiren vermittelst dieses Apparates dauert zu Hochdahl 20 Secunden.
er Preis eines Apparates für 2,4 bis 2,7 Meter weite Gichten stellte sich
circa 660 bis 800 Thlr.

Der Langen'sche Gichtgasfang ist namentlich mit der Art der
eschickung, welche man wählen will, mannigfach verändert worden. Die
ig. 205 zeigt ihn in der Einrichtung, deren man sich bedient, wenn
ne selbstthätige Beschickung vermieden werden soll, wodurch der Ap-
arat zwar vereinfacht, keineswegs aber verbessert wird.

Fig. 205



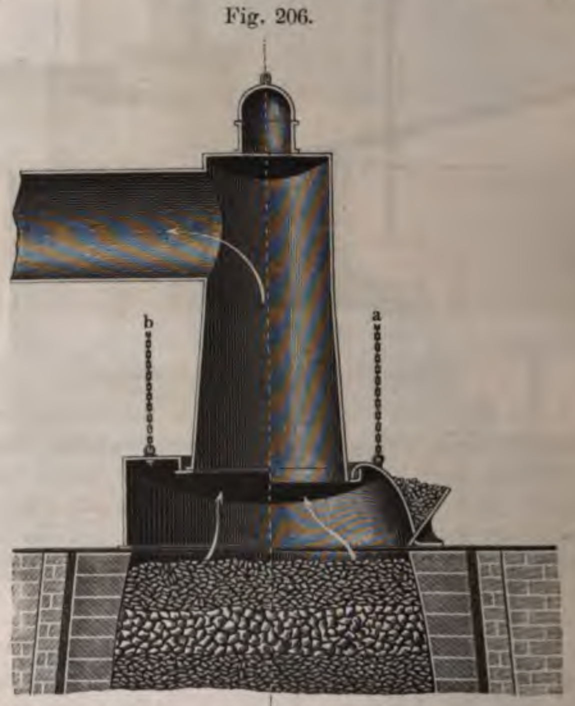
Langen'scher Gichtgasfang ohne selbstthätige Beschickung.

Auf dem Gichtplateau liegt ein die Gicht umschliessender schmaler
asseiserner conischer Ring a. An diesen schliesst sich der aus Eisen-
ech hergestellte Gichtmantel b, ihn umhüllend und nur mit den nöthi-
n Aufgebeöffnungen versehen. 2 bis 3 Fuss oberhalb der Gicht be-
nnt die Gasabzugsröhre $c\,c$, welche sich entweder nach oben etwas ver-
gt, oder cylinderförmig aufwärts steigt und in die horizontale Gaslei-
g mündet. Sie besitzt eine Reinigungsthür R und ein als Sicherheits-

oder Abzugsventil für überschüssiges Gas dienendes Ventil *x*. An die untere Oeffnung dieses Rohres ist ein ringförmiger Wassercanal *e* angenietet. Der Zwischenraum *m* zwischen Conus und Gichtmantel und etwaige Lücken zwischen den einzelnen Eisentheilen werden durch Thon etc. gefüllt und gedichtet. *gg* ist die Glocke, welche den Abschluss der Gicht bewirkt und im Gegensatz zu allen anderen Theilen des Apparates beweglich ist. Diese Glocke kann beim Aufgeben vermittelst der Ketten *rr* und des Hebels *o*, welcher sein Auflager auf dem Gichtmantel findet, so weit als erforderlich gehoben werden und ist durch ein Gegengewicht *P* abbalancirt, so dass ein Mann die Arbeit mit Leichtigkeit verrichten kann. Die Glocke greift in der Ruhe mit ihrem oberen umgebogenen Rande in den Wasserkasten des Gasrohres und sitzt mit ihrem unteren Rande stumpf auf den Conus *a* auf.

Soll die Beschickung selbstthätig, aber nur an einzelnen Stellen des Ofens erfolgen, so wählt man die Einrichtung, welche in Fig. 206 dargestellt ist.

Fig. 206.



Langen'scher Gasfang für locale Beschickung.

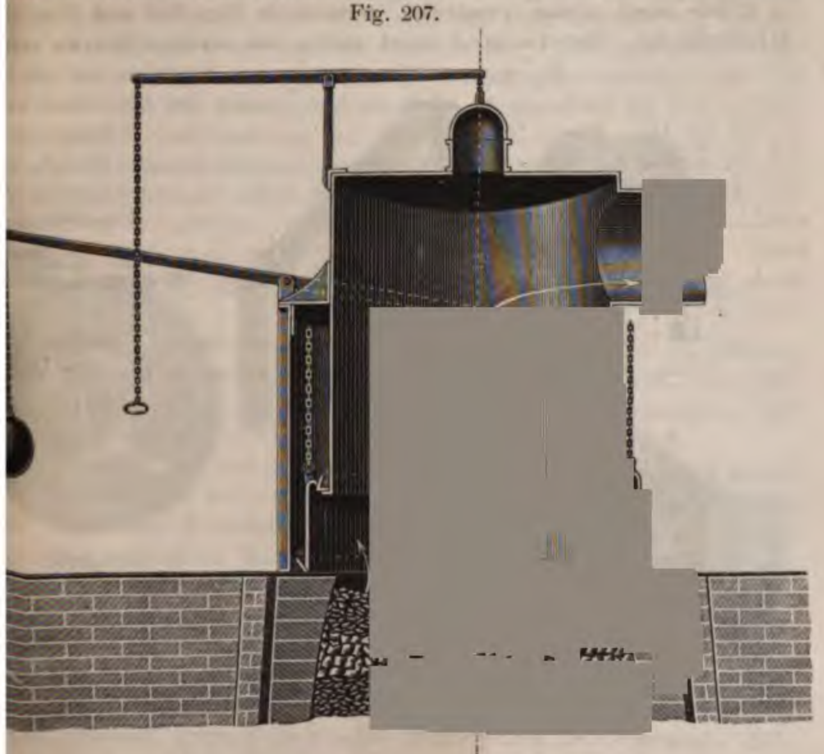
Fig. 207 zeigt eine Combination des Gichtmantels mit dem Gasrohr, [...] das Gasrohr die Weite der ganzen Gicht erhält [1]).

---

[1]) [Ze]itschrift des Vereins deutscher Ingenieure, 1862, Taf. XVI u. S. 463.

Im Allgemeinen wendet man namentlich in Deutschland fast nur die erst in Fig. 203 und 204 (S. 348) angegebene Modification an, d. h. man

Fig. 207.



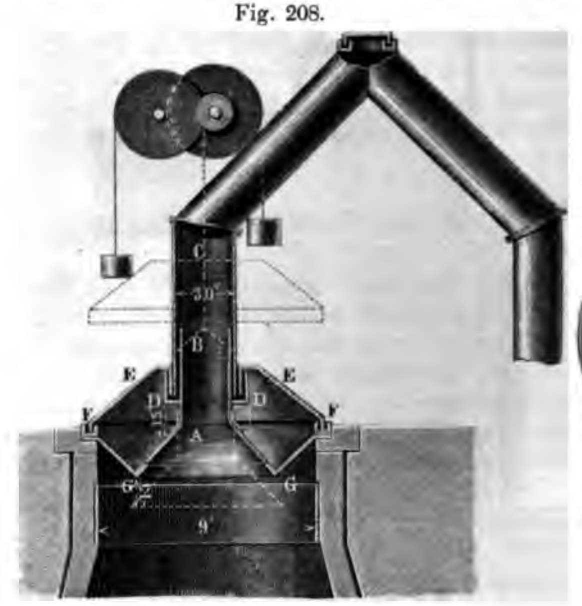
Langen'scher Gasfang mit weitem Gasrohr.

acht den Conus so gross, dass die gesammte Beschickung aufgegeben rden kann, ehe die Glocke geöffnet zu werden braucht. Dies hat den ppelten Vortheil eines gleichmässigen Aufgebens und eines seltenen ffnens, folglich auch seltener Unterbrechung der Gasableitung. Schliessh hat diese Einrichtung auch noch den Vortheil, dass ein vollständig chter Abschluss der Glocke gegen den Conus leicht durch Aufschütten n etwas feinem Erzstaub oder Gichtsand erhalten werden kann, welcher egen des Werfens der Glocke in der Hitze sonst selbst bei sorgfältigem bdrehen des unteren Randes derselben nicht ohne Schwierigkeit erzielt ird. Statt am unteren Rande des Gasrohrs einen Wasserkasten anzueten, pflegt man oft einfach diesen Rand umzubiegen, ihn auch nicht it Wasser, welches schnell verdampft und leicht verunreinigt wird, sonrn mit trockner Asche zu füllen, welche einen sehr guten Abschluss giebt.

Die Glocke versieht man nicht selten mit Rippen, welche eine Leing gegen den Gichtmantel bilden und ein Kippen oder unregelmässiges fsetzen auf den Conus verhindern.

Von Hoff'scher Gasfang. Es sind auch Combinationen des Trichter- und Glockenapparates versucht worden; namentlich hat von Hoff[1]) zu Hörde einen solchen construirt, welcher in Fig. 208 und Fig. 209 dargestellt ist. Der Conus *A* endet nicht, wie bei dem Parry'schen

Fig. 208.



Aufriss.
Von Hoff'scher Apparat.

Fig. 209.



Grundriss.
Von Hoff'scher App[...]

Trichter, in eine Spitze, sondern in das 30 Zoll (0,785 Meter) weite Ga[s]leitungsrohr *B*, welches teleskopenartig in dem Rohre *C* verschoben w[er]den kann. Der Wasserverschluss *D* erhält auch beim Sinken des Conus *A* den gasdichten Abschluss; um indessen dem Gase in diesem Falle ni[cht] durch die Eintrittsöffnung der Beschickung den Austritt zu gestatten, [ist] die Glocke *FE*, deren unterer Rand in einen Wasser- oder Aschevers[chluss] eingreift, wie beim Langen'schen Apparate angeordnet. Die Beschick[ung] gelangt, nachdem die Glocke *EF* gehoben, in den Raum *EFGA*, bl[eibt] darin, bis die Glocke wieder geschlossen worden, und fällt sodann be[im] Sinken des Conus *A* in den Hochofen.

Schieberapparat (*Hopper with double slides*). Auf dasselbe Pr[in]cip des doppelten Verschlusses gegründet, fand sich auf der Zollver[ein...]

[1]) Dem leider zu früh verstorbenen Verfasser eines sehr lesenswerthen Ar[ti]kels über Gichtgasentziehungs-Apparate in der Zeitschr. d. deutsch. Ingen. 18[..], 437.

ıng zu London 1851 ein für einen Holzkohlenhochofen bestimm-
ırat. Derselbe bestand aus einem Eisenkasten von quadratischem
ıitt, der nach oben mit einem sich stark erweiternden pyrami-
ısatze und zwei Schiebern versehen war. Der eine Schieber war
nteren Basis des pyramidalen Theils, der andere etwas tiefer an-
. Bei der Beschickung wurde das Material in den pyramidalen
füllt, nach Oeffnung des oberen Schiebers in den Zwischenraum
diesem und dem unteren Schieber gelassen und endlich nach Schluss
en Schiebers und Oeffnen des unteren in den Hochofen befördert.

tleitung, Reinigung und Verbrennung der Gase.

Gase des Hochofens, namentlich diejenigen, welche aus höheren
entnommen werden, gewinnen wesentlich an Heizkraft, wenn man
hl der mechanisch mitgerissenen, als der unverbrennlichen und
leicht condensirbaren Bestandtheile vorerst beraubt.
ndet man rohe Brennmaterialien (Steinkohlen oder Holz) an, so
man durch die Condensation allerdings auch an nützlichem Brenn-
nlich an theerbildenden Kohlenwasserstoffen. Nichts desto weni-
l auch dieser Nachtheil meist durch den Vortheil, welchen die
ng anderer Bestandtheile mit sich bringt, um so mehr aufgewo-
die höher gekohlten Kohlenwasserstoffe geneigt sind, schon bei
Temperaturschwankungen schwer verbrennlichen Kohlenstoff in
n Russ abzusetzen.
den Bestandtheilen, welche man möglichst vollständig zu ent-
rachtet, gehören namentlich drei, erstens der Gichtstaub, d. h.
ch mitgerissene Theilchen der Erze und Brennmaterialien, zwei-
Zinkoxyd, welches in Folge der Oxydation durch Kohlensäure
in tieferen Theilen des Hochofens (aus den Beimengungen der
lucirten Zinke entsteht, drittens die Wasserdämpfe.

htstaub. Je grösser die Geschwindigkeit des aus dem Ofen strö-
Gasstromes ist, um so mehr feine Partikelchen von Erz, Zuschlag
nmaterial, welche theils als solche in den Ofen gelangt durch
ıg in den oberen Theilen zu Pulver umgewandelt werden, theils
e Reibung der Massen gegen einander in allen Theilen des Ofens
, werden von demselben mitgerissen. Bei offenen Gichten lagern
e Partikelchen meist in der Nähe der Ofenmündung auf dem
eau ab und sie werden deshalb Gichtstaub, auch Gichtrauch
htsand genannt. Bei geschlossenen Gichten sondern sie sich be-
n den horizontalen Theilen der Gasröhrenleitung ab.
er Gichtstaub ist naturgemäss bei den einzelnen Hochöfen sehr
en zusammengesetzt und hängt namentlich von der Beschaffen-
Erze ab. Er enthält gewöhnlich sehr viel Eisenoxyd, nächst-

dem Kieselsäure und Thonerde, und geringere Mengen der andere
und der Alkalien. Man hat ihn wegen seines hohen Eisengehalt
mit Erfolg in Kalkmilch eingebunden in den Hochofen zurückgeg

E. Riley analysirte den Gichtstaub aus einem Abzugscanal
an der Gicht von einem der Hochöfen zur Dowlais-Eisenhütte,
dort zwei Jahre lang abgelagert hatte, ohne entfernt zu werd
fand:

Kieselsäure	30,33
Eisenoxyd	47,05
Manganoxyd	1,77
Thonerde	8,43
Kalkerde	2,30
Schwefelsauren Kalk	4,42
Phosphorsauren Kalk	0,75
Magnesia	1,13
Kali	1,80
Natron	0,36
Hygroskopisches Wasser	0,93
Kupfer und Antimon	Spuren
	99,27

Es ist auffällig, dass darin keine kohlenstoffhaltigen Substanz
gewiesen wurden, welche doch wenigstens in Folge der Decrepita
Steinkohle leicht hineingekommen sein könnten, zumal dieselbe
rohen Zustande angewendet wird.

Ebermayer analysirte einen Gichtrauch, welchen er bei
blasen des mit Holzkohle betriebenen Ofens zu Heinrichshütte bei
stein als Sublimat an einem über die Gicht gelegten Bleche auf
hatte [1]). Die Substanz war von gelblich weisser Farbe, sehr leicht
beim Glühen braun und nahm beträchtlich an Volumen ab. Der G
verlust betrug 2,5 Proc. Sie löste sich in Salzsäure mit roth
Farbe, wobei Kieselsäure gelatinirte.

Die Analyse Nr. 1 (a. f. S.) zeigt die Zusammensetzung diese
rauches. Da das Glühen nur ein schwaches war, so hatten nach
mayer Kalkerde, Magnesia, Natron und Kali ihre Kohlensäure b
Die zur Bildung kohlensaurer Salze mit diesen Stoffen erforderlic
lensäure würde

4,82 Proc. für den Kalk,
7,09 Proc. für Magnesia und Alkalien,
im Ganzen 11,91 Proc.

betragen und ist den direct gefundenen 88,58 Proc. betragenden
daher zuzuaddiren.

Bei fast gleicher Beschickung wurden in demselben Hochof
zwei andere Sublimate gesammelt, die schmutziggelb waren u
längerem Liegen auf Papier braun und feucht wurden. Ihre An
als Nr. 2 und 3 der nachfolgenden Tabelle mitgetheilt.

[1]) Berg- und hüttenm. Zeitg. 1858, S. 394.

tstaub- lysen.	Heinrichshütte bei Lobenstein nach Ebermayer			Altenauer Hütte im Harz nach Bodemann	Steinrenner Hütte am Harz nach Bodemann	Cleveland nach J. Pattinson	Clarencehütte nach Bell
	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.
'e	21,33	2,9	5,36	26,6	57,27	22,60	34,82
. . . .	2,46	17,0	1,7	—	1,74	8,20	16,00
. . . . .	10,14	7,5	11,6	48,7[1])	12,54	14,22	8,20
ɛyd . . .	8,23	—	3,4	—	Spur	—	—
. . . .	0.02	—	—	—	—	—	—
. . . . .	1,33	0,12	0,85	10,5	1,27	—	—
. . . .	22,93	13,16	11,8	14,2	1,06	10,48	4,60
ink . . .	—	—	—	—	—	13,70	—
ʳd . . .	—	—	0,36	—	—	—	—
ge Säure .	—	—	1,12	—	—	—	—
l	—	—	Spur	—	—	—	—
. . . . .	6,14	0,31	1,96	—	17,73	12,3	12,15
. . . . .	0,4	0,34	0,30	—	0,79	5,03	0,57
. . . . .	2,2	30,10	27,60	—	—	—	6,85
. . . . .	10,9						0,40
ım . . .	—	—	—	—	8,22	—	—
ium . . .	—	—	—	—	—	4,70	—
k	—	—	—	—	—	0,70	—
. . . . .	—	—	—	—	—	Spur	—
erstoffs. .	—	—	—	—	—	—	5,60
äure. . .	—	—	—	—	—	3,15	1,56
. . . . .	—	—	—	—	—	0,17	8,80
ıtoffe . .	—	—	—	—	—	4,50	—
st	2,5	—	24,32	—	—	—	—

Analysen des Gichtstaubes zweier Harzer Holzkohlenhochöfen nach Bodemann die unter Nr. 4 und 5 angeführten Resultate, hen das Fehlen von Kohlensäure sehr auffällig ist [2]). Nr. 6 ist lyse von Gichtstaub, erzeugt beim Verschmelzen von Clevelandnen [3]), welcher sich reichlich aus den zur Heizung eines Dampfenutzten Gichtgasen absetzte, nach J. Pattinson [4]). Nr. 7 ist

ıschliesslich der Erden. — [2]) Kerl, Hüttenk. Bd. I, S. 807. — [3]) Eisenh. S. 305. u. 321. — [4]) Berg- und hüttenm. Zeitg. 1863, S. 439.

ein anderer Gichtstaub von Clarencehütte im Cleveland-District[1]). Die Probe ist kein Durchschnitt, sondern rührt nur von einer Stelle der Röhrenleitung. Das Chlorcalcium scheint sich nur langsam zu condensiren, denn man fand hier mit zunehmender Entfernung vom Hochofen einen steigenden, bei 130 Meter 14 Proc. betragenden Gehalt an Kalkerde.

Der Gehalt an Eisenoxyd variirt zwar, sinkt indessen selten unter 10 Proc. herab. Es möge zur Ergänzung noch angeführt werden, dass nach Kerpely[2]) im Gichtstaube von Reschitza im Banat 40,31 Proc., in dem von Lölling in Kärnthen[3]) 29½ Proc. Eisenoxyd enthalten sind. Der Gehalt an Kieselsäure ist in dem Gichtstaube relativ oft grösser als in den angewandten Schmelzmaterialien, was theilweise zwar daraus zu erklären ist, dass in den Erzen vorhandener Quarz beim Erhitzen besonders dem Zerspringen ausge[illegible]t, theilweise aber auch einen ähnlichen Grund haben kann, wie die Bildung des sogenannten Eisenamianths, von welchem später die Rede sein wird. In dem letzteren Falle, welcher sich zuweilen durch die Löslichkeit der Kieselsäure in Kalilauge im Gegensatz zu der als Quarz vorhandenen nicht löslichen Kieselsäure feststellen lässt, muss man sie als ein neugebildetes Oxydationsproduct von Silicium betrachten, welches letztere in Verbindung mit Fluor[4]) oder mit Schwefel[5]) als flüchtiger Körper in höhere Ofenregionen geführt worden war. Wasserdämpfe werden nahe der Gicht in den meisten Fällen die Zersetzung dieser Siliciumverbindungen veranlassen.

Auf letztgedachten Umstand scheint zuerst Engelhardt[6]) aufmerksam gemacht zu haben, obwohl unter der unwahrscheinlichen Annahme, dass Silicium als solches mit dem Gasstrome aus den unteren Theilen des Ofens zur Gicht geführt werde und dann beim Austritt aus der Gicht verbrenne.

Es ist übrigens zu bemerken, dass die Löslichkeit der Kieselsäure nicht stets ein charakteristisches Kennzeichen für diese Art ihrer Entstehung ist, denn es haben z. B. die Cleveland-Eisensteine[7]) über 7 Proc. lösliche Kieselsäure, welche sich daher in Erztheilchen auch wieder finden muss sobald diese aus Ofentheilen herrühren, in denen noch keine starke Gluth stattfand.

Bleioxyd findet man selbst bei sehr bleiglanzreichen Erzen nur wenig im Gichtstaub; das Blei scheidet sich vielmehr in flüssiger Form regulinisch im unteren Theile des Hochofens ab[8]).

Bei Verhüttung von zinkischen Brauneisensteinen, welche reich an silberhaltigem Bleiglanze sind, findet man indessen nicht selten wägbare Mengen Silber im Gichtsande. Man darf annehmen, dass dasselbe durch Zinkdämpfe mit emporgenommen sei.

---

[1]) Tunner, Jahrb. XV, S. 97. — [2]) Berg- und hüttenm. Zeitg. 1865, S. 41 — [3]) Berg- und hüttenm. Zeitg. 1868, S. 384. — [4]) Rammelsberg, Metallurg 138. — [5]) Dingler's Journal 125, S. 313. — [6]) Bergwerksfreund 1840, Bd. S. 472. — [7]) Abthl. I, S. 305. — [8]) Eine auffallende Ausnahme macht nach d Analyse Nro. 4 (vor. S.) der Gichtstaub von Altenauer Hütte.

Zinkstaub. Das Zink verhält sich umgekehrt wie das Blei; es scheidet sich nicht regulinisch ab, sondern geht als staubförmiges Oxyd mit den Ofengasen fort, soweit es sich nicht als Gichtschwamm an die Ofenwände im oberen Schachttheile ansetzt. Bei geschlossener Gicht geht mehr davon mit den Gasen fort, während sich bei offener Gicht mehr als Gichtschwamm ansetzt.

Bei zinkhaltigen Erzen, namentlich Brauneisenerzen, ist der Gewinn, welcher durch Auffangung des Zinkoxydes in den Gasleitungen erzielt wird, oft so gross, dass sich schon dadurch allein die Anlage der letzteren bezahlt macht. Je weiter das Zinkoxyd von der Ofengicht entfernt sich ansetzt, um so reiner von erdigen Beimengungen pflegt es zu sein, und um so werthvoller als Material für die Zinkdarstellung. Zur directen Verwendung als Zinkweiss ist es dagegen selbst an den fernsten Punkten seines Absatzes nicht zu gebrauchen.

Man wird in allen den Fällen, in welchen sich ein so werthvolles Product absetzt, auf dessen bequeme Gewinnung Rücksicht nehmen müssen, während in den anderen Fällen die Reinigung der Gase alleiniger Zweck sein kann.

Alkalien. Die Gegenwart einer grossen Menge von Alkalien ist bereits S. 258 erwähnt und erklärt worden. Sie sind grösstentheils an Kohlensäure gebunden, aber auch an Schwefelsäure, an Phosphorsäure, an Cyan, an Chlor (welches daher in den Materialien enthalten sein muss) und an Jod. Den Nachweis des letzteren hat G. Leuchs geführt [1]), welcher folgende noch im Uebrigen interessante Thatsachen entdeckte. Die löslichen Salze (Gichtsalz), welche im Gichtstaube unter den in Wasser unlöslichen Substanzen (Sand, Kohle, Oxyden von Eisen, Mangan, Zink und Blei, Schwefeleisen) vorhanden sind, betragen den bei weitem geringsten Theil; das Verhältniss ist indessen verschieden bei verschiedenen Hochöfen und an verschiedenen Stellen der Röhrenleitung desselben Hochofens. Am meisten enthält der Gichtstaub des mittleren Theils des Röhrensystems zwischen Hochofen und Verbrennungsapparat.

Es wurden im Gichtstaub der Rosenberger Hütte bei Sulzbach (Bayern) im Durchschnitt nur 0,38 Proc., dagegen in den oberen Röhren der Leitung über 21 Proc. Salz gefunden. Bei der Untersuchung des Gichtstaubes der genannten Hochöfen, sowie der Kreuzthaler Hütte [2]), der Hochdahler Hütte bei Düsseldorf, der Komoraner Hütte bei Horzowitz fand sich neben Verbindungen von Chlor mit Kalium, Natrium, Ammonium, Magnesium, Calcium, Eisen und Mangan: Jod, und zwar im Gichtstaub

der Rosenberger Hütte (im Durchschnitt)	in	1000 Thln.	0,034	Thle.	Jod
der Komoraner Hütte (in einer Probe)	„	1000 „	0,042	„	Jod
der Kreuzthaler Hütte (Probe aus der Leitung unmittelbar vor der Feuerung)	„	1000 „	0,146	„	Jod

[1]) Erdmann's Journ. f. Chemie 1868, S. 186. — [2]) Wahrscheinlich die der Cöln-Müsener Gesellschaft bei Siegen.

Es liessen sich hiernach aus dem Gichtstaube der letzten Hütte jährlich 35½ Pfd. (17,75 Kilogr.) Jod gewinnen.

Während in dem Gichtstaube der Rosenberger Hütte nur Spuren von Schwefelsäure nachgewiesen werden konnten, dagegen viel Chlorcalcium, war in dem Gichtstaube der übrigen Hütten viel von ersterem, wenig von letzterem enthalten.

Die Zusammensetzung der löslichen Salze der Rosenberger Hütte war in 100 Theilen:

Chlorcalcium	51,4116
Chlorkalium	26,8983
Chlorammonium	17,7003
Chlormagnesium	1,4994
Chlornatrium	0,4914
Jodeisen	1,0890
Zink und Schwefelsäure	Spuren

Leitung der Gase von dem Gasfange aus und Reinigung derselben.

Leitung. Es ist bereits bei den Apparaten zum Auffangen der Gichtgase darauf hingewiesen worden, dass die Canäle, welche letztere aus dem Ofen führen, eine aufsteigende Richtung haben sollten, damit wenigstens das Gröbste des mitgerissenen Gichtstaubes in den Ofen zurückfalle.

Aus diesem Grunde verdient entschieden die Art von Apparaten den Vorzug, bei welchen wie beim Langen'schen (Fig. 203) oder dem Darby'schen Apparate (Fig. 187) das erste Gasleitungsrohr vertical aufsteigt.

Da es bei verstärktem Betriebe eines bereits mit Gasleitung versehenen Ofens nicht selten vorkommt, dass mehr Gase erzeugt werden als der Weite der Gasleitung entspricht, und dass daher die Spannung derselben eine zu hohe wird, so ist es zweckmässig, ein Abblaserohr anzubringen, dessen Mündungsweite durch ein Klappenventil regulirt werden kann, oder auf dem senkrechten Gasrohre ein solches Ventil anzuordnen, wie dies z. B. die Figuren 193, 201 und 205 zeigen.

Zur Weiterleitung sollte man stets ein knieförmiges Rohr, wie es z. B. bei dem von Hoff'schen Apparat (Fig. 208) angebracht ist, wählen da ein horizontales Rohr mechanische Reinigung verlangt, welche in diesem Niveau nur schwierig ausführbar ist, während in einem Rohre der ersten Art der Gichtstaub entweder in den Hochofen oder in das Ableitungsrohr hinabgleitet.

Das verticale Ableitungsrohr hat den Zweck, die Gase zum Niveau der Verbrennungsvorrichtungen hinabzuführen.

Da eine grosse Weite desselben den Vortheil bietet, dass der Gichtstaub sich aus den mit geringer Geschwindigkeit absteigenden Gasen leichter absetzt, so giebt man dem Rohre einen Durchmesser von nicht

18 bis 24 Zoll (0,47 bis 0,63 Meter), gewöhnlich aber von circa
Meter). Man stellt es aus Blech her, welches luftdicht genietet

auf einem Werke mehrere nicht all zu fern von einander
ochöfen vorhanden, so vereinigt man die Ableitungsröhren
Oefen in ein gemeinschaftliches, gewöhnlich hinter der gan-
und vor dem Möllerhause durch, in angemessener Höhe (min-
s 4 Meter) über der Hüttensohle, horizontal laufendes Sammel-
soll sich die Hauptmasse des Gichtstaubes und, falls Zinkoxyd
ird, auch dieses absetzen. Zugleich sucht man hier alle Wasser-
ämpfe vollkommen zu condensiren, um in die Vertheilungs-
lche nach den einzelnen Verbrennungsapparaten führen, mög-
Gase gelangen zu lassen. Es muss indessen bemerkt werden,
asableitung aus tieferen Zonen des Ofens dieser Zweck nur
tändig erreicht wird, und namentlich Zinkoxyd sich in den
len noch reichlich in der weiteren Leitung, ja selbst aus der
r bereits wieder verbrannten Gase abzusetzen pflegt.
laubte früher in Deutschland, dass bei Verwendung sehr zin-
e ein Versetzen der Röhren durch Zinkstaub der Gasentziehung
hinderlich sein werde; es hat sich aber, wie zu erwarten [1],
Erfahrung gezeigt, dass das Zinkoxyd sich nur pulverförmig
dass im Gegentheil sogar die Bildung der Gichtschwämme im
h vermindert wird.

rreinigungsvorrichtungen. Um der natürlichen Abkühlung der Gase durch Ausstrahlung der Leitungsrohrwandungen zu Hülfe zu kommen, pflegt man Wasser anzuwenden.

Fig. 210.

zu Tarnowitzer-Hütte.

Der zweckmässigste Wasserreinigungsapparat ist der sogenannte S-Apparat, der seinen Namen davon hat, dass sein Querschnitt einige Aehnlichkeit mit dem Buchstaben 𝔖 zeigt. Als lothringischer Apparat wird er zuweilen bezeichnet, weil er zuerst auf den Werken an der oberen Mosel Verbreitung fand.

Ein solcher Apparat ist in Fig. 210 abgebildet. Als Material zu seiner Herstellung wählt man gewöhnlich Blech, welches winddicht zusammengenietet ist. Der Boden schliesst an

ngen, auch wenn sie durch anderweitige Erfahrungen wohl be-
inen, finden bei den Praktikern bekanntlich oft die heftigsten Wider-

der einen Seite nicht an die Wandung an, sondern ist schräg aufwärts gebogen, so dass eine Verbindung des inneren Raumes mit der äusseren Luft nach Art eines communicirenden Rohres entsteht. Der untere Theil ist mit Wasser erfüllt, welches als Sperrflüssigkeit zwischen Gas und Atmosphäre dient, wie dies Fig. 210 zeigt. Den sich hier absetzenden Gichtstaub kann man ohne Unterbrechung des Betriebes von Aussen durch die Oeffnung *c* vermittelst einer Krücke entfernen. Das Wasser dient gleichzeitig als Sicherheitsventil, da es im Falle eines im Innern entstehenden zu hohen Druckes herausgeschleudert wird, wonach die vollkommene Communication des Gasraumes mit der Luft hergestellt ist. Für besondere Reinigungsarbeiten und Reparaturen werden die gleichzeitig ebenfalls als Sicherheitsventile wirkenden Verschlüsse *b* und *a*, welche in Entfernungen von circa 6¹/₃ zu 6¹/₃ Fuss (1,987 zu 1,987 Meter) angebracht sind, benutzt. Der hier dargestellte Apparat von Tarnowitzer-Hütte[1] hat eine Länge von 25 Fuss 5 Zoll (7,977 Meter); er steht auf der Hüttensohle und wird von gusseisernen Ständern gestützt. Häufig legt man den S-Apparat auch auf Consolen oder Säulen, so dass er parallel dem Hauptwindleitungsrohr hinter den Hochöfen entlang läuft. Die letztere Anordnung ist die gewöhnliche auf französischen Werken. Das Gas strömt in einem solchen Apparate auf eine weite Erstreckung über Wasser, kühlt sich hinreichend ab und lässt gleichzeitig den Flugstaub fallen. Bei einer Anlage mit mehreren nebeneinander stehenden Hochöfen dient die Vorrichtung zugleich als Hauptsammelrohr und Druckregulator für die Gase sämmtlicher Oefen.

Zuweilen hat man auch an höheren Theilen der Gasleitung ähnliche Apparate in kleinerem Maassstabe eingeschaltet. Ein solcher von der Johannishütte bei Duisburg ist in Fig. 211 abgebildet[2]). Aus dem Hochofen *A* gehen die Gase durch mehrere Röhren *B* in den rings um den Ofen laufenden Canal *C*, von dort durch das Rohr *D* in den Reiniger *E*, welcher wie der vorher beschriebene durch Wasser abgesperrt ist, und in den Winderhitzungsapparat *F F*. Die hier verbrannten Gase werden in der Richtung der Pfeile durch die Blechesse *G H* angesaugt und über das Gichtniveau *J J* fortgeleitet.

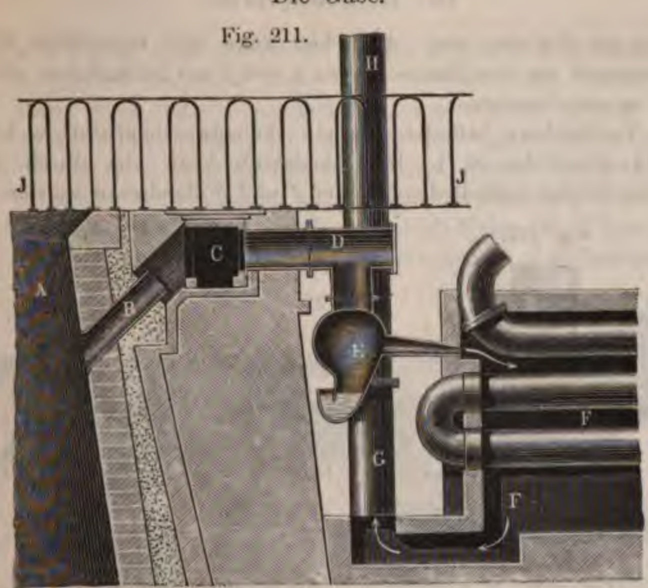
Bei kleineren, namentlich einzeln stehenden Holzkohlenhochöfen wendet man den Wasserregulatoren ähnliche Apparate an, deren Boden man wohl eine rinnenartige Gestalt giebt, um den Gichtstaub besser sammeln zu können. Ein solcher Apparat, welcher bei dem Hochofen zu Eisenerz in Steyermark[3]) aufgestellt ist, findet sich in Fig. 212 (S. 361) und Fig. 213 (S. 362) abgebildet.

Die durch das Blechrohr *a* auf die Hüttensohle geleiteten Gase treten in den Reinigungskasten *b*, welcher in den Wasserbehälter *c* eingetaucht ist, kühlen sich über der 12 □ Fuss grossen Wasserfläche ab und strömen

---

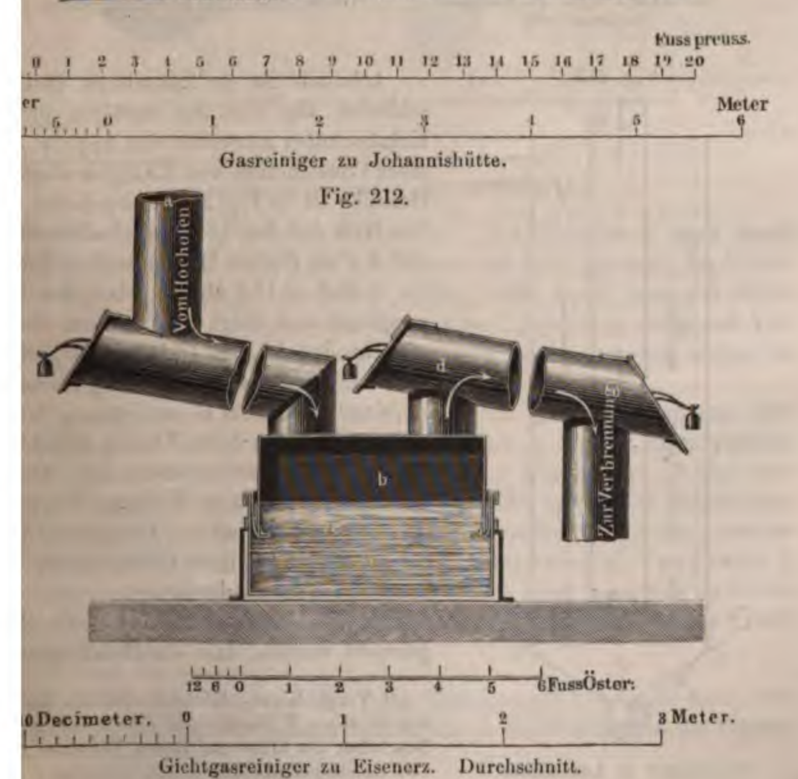
[1]) Die Zeichnung verdankt der Bearbeiter der Güte des Herrn Director Lucke daselbst. — [2]) Vergl. Schönfelder, Bauliche Anlagen I. Jahrg., 2. Lief. Taf. XI. — [3]) Vergl. Rittinger's Erfahrungen 1858, S. 31.

Fig. 211.



Gasreiniger zu Johannishütte.

Fig. 212.



Gichtgasreiniger zu Eisenerz. Durchschnitt.

gereinigt aus *d* wieder aus. Auch hier kann man vermittelst l den Gichtstaub aus dem Sammelkasten *c* von *f* aus herausholen, o Betrieb zu unterbrechen.

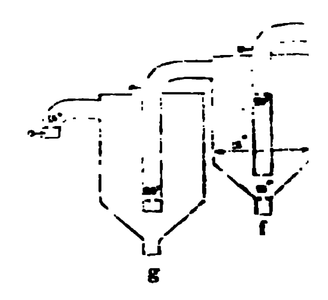
Zu Vordernberg befindet sich ein Doppelwaschapparat, w Fig. 214 abgebildet ist [1]). Der Gichtstaub kann hier durch Boden der Kästen befindlichen Röhren *f* und *g* abgelassen werde

Fig. 213.



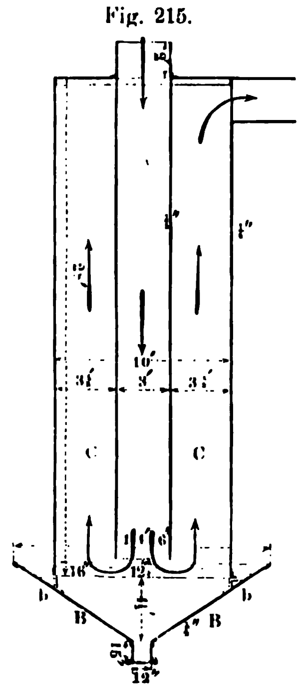
Gichtgasreiniger zu Eisenerz (Seitenansicht).

Fig. 214.



Gichtgasreiniger zu Vordernb

Fig. 215.



niger zu Laurahütte.

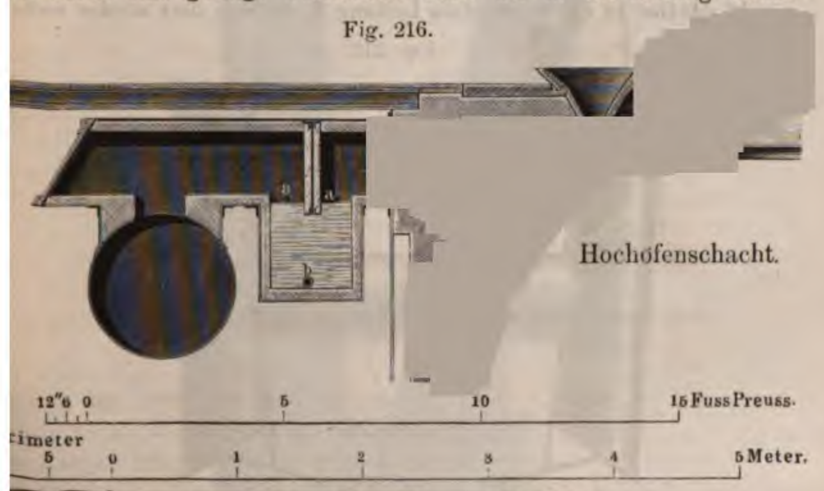
Aehnlich ist zu Laurahütte schlesien ein für die dortigen Kokshochöfen ausreichender Appa einer Construction von Langen Derselbe ist in Fig. 215 [2]) abgebil Gas tritt aus der Leitung abwär ein 3 Fuss (0,942 Meter) weites bis 6 Zoll (0,157 Meter) über d serspiegel und steigt dann in dem umgebenden 10 Fuss (3,148 Mete Rohre *C* wieder aufwärts. Das W in einer Schale *B B* enthalten, unten mit einem durch Klappe ve baren Ablassrohre versehen ist. der Schale befestigten Knaggen *b* den äusseren Cylinder. Der gan rat ist aus $^1/_4$ zölligem (0,065 Me kem) Eisenblech angefertigt.

Es muss hierbei darauf auf gemacht werden, dass ein Durchl

[1]) Vergl. Kerl, Hüttenk. Bd. I, Fig. 83 a. — [2]) Nach einer Zeichnun Bearbeiter der Güte des Herrn Direct ter daselbst verdankt.

ase durch Wasser zwar energischer als ein blosses Darüberleiten reinigen, ær den grossen Nachtheil eines stets veränderlichen Druckes und in olge davon eines ungleichförmigen Ausströmens haben würde. Wendet an eine solche Vorrichtung an, so muss sie möglichst nahe am Entzieungsorte der Gase aus dem Hochofen liegen, damit der Gasdruck sich der folgenden Röhrenleitung auszugleichen Gelegenheit habe. Fig. 216 ellt einen Gasreiniger zu Cwm-Celyn in Süd-Wales dar. Das Gas tritt ier durch eine geringe Wassersäule unter der in der Leitung befind-

Fig. 216.



Gasreiniger zu Cwm-Celyn in Süd-Wales.

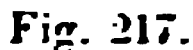
chen Scheidewand zwischen *aa* hindurch. Der Wassersack wird durch eten Zufluss durch das Rohr *b* mit Wasser versorgt, während der Ueberhuss durch die Röhren *aa* abfliesst. Bei Oefen, deren Gase viel Gichtaub mit sich führen, liesse sich eine solche Einrichtung nicht mit Voreil treffen, da der Wassersack sich sehr bald füllen und den Abzug der ase verstopfen würde.

Bei sehr nassen Erzen und in Folge davon durch Wasserdampf sehr runreinigten Gasen könnte eine Condensation durch eingespritzten asserregen wohl zweckmässig erscheinen. Im Allgemeinen ist aber eine lche immerhin complicirte Einrichtung (welche später bei Betrachtung r Lundin'schen Gasfeuerungen für Schweissöfen beschrieben werden rd) nicht erforderlich. Noch weniger hat sich der Vorschlag Vaughan's[1], e Gichtgase mit Wasserdampf gemischt durch eine Kokssäule zu leiten, elche durch herabtröpfelndes Wasser feucht erhalten wird, in der Praxis ahn gebrochen.

Staubsäcke. Hat man sehr lange Gasleitungen nöthig, so kann man Folge der starken Wärmeausstrahlung durch die Wandungen die Wasser-

[1]) Mining. Journ. 1862, 1395.

kühlung ganz entbehren. Es muss in diesem Falle aber stets für sogenannte **Staubsäcke** gesorgt werden, d. h. man muss bei dem jedesmaligen Uebergange der Röhren aus verticaler in horizontale Richtung und umgekehrt das verticale Rohr nach unten verlängern, weil gerade in Folge der bei plötzlichen Biegungen entstehenden Geschwindigkeitsänderungen des Gasstromes dort der reichlichste Absatz von mechanisch mitgerissenen oder aber condensirten Theilchen stattfindet. Die Fig. 217 zeigt die Anordnung solcher Staubsäcke. Aus der niedersteigenden Röhre *a* geht das Gas in die horizontale Leitung *b*, um von dort wieder vertical


Fig. 217.



Staubsäcke.

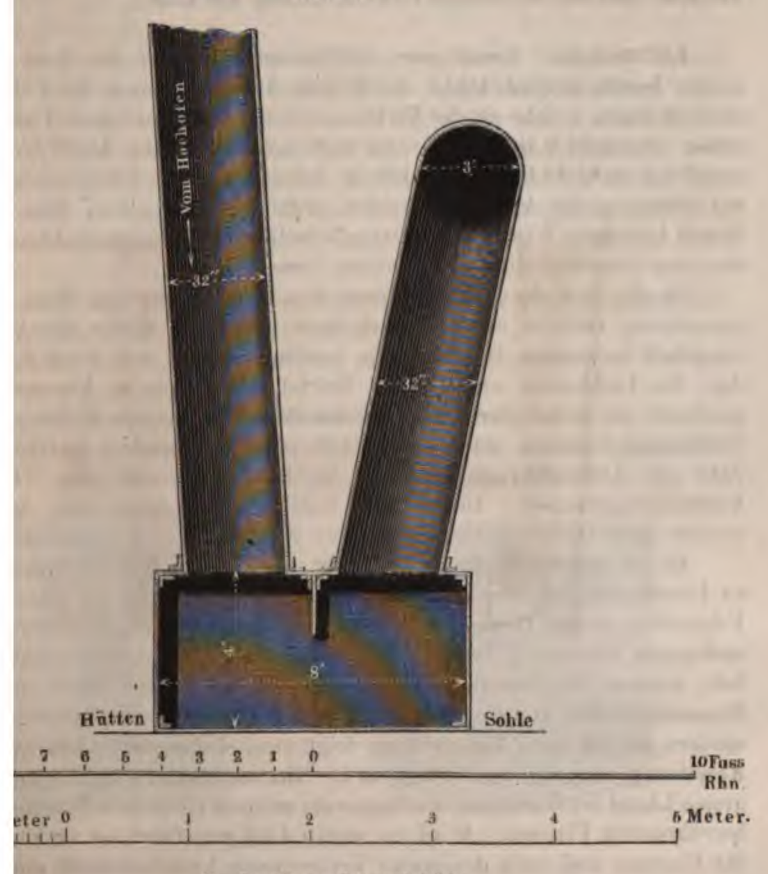
in *c* aufzusteigen. Sowohl Rohr *a* als Rohr *c* besitzt einen Staubsack (*d* und *e*), welcher zum Herauslassen des Gichtsandes mit einer durch Gegengewicht verschlossenen Klappe versehen ist.

Eine andere Einrichtung eines Staubsackes, welche sich auf der Johannishütte bei Duisburg befindet, ist in Fig. 218 (S. 365) abgebildet. Dieselbe steht auf der Hüttensohle und bildet gleichzeitig den Träger für die Röhrenleitungen.

Reinigung der Röhren. In Folge der während der Abkühlung an den Rohrwandungen eintretenden Condensation von Theer, wasseranziehenden alkalischen Salzen u. s. w. setzt sich auch der eigentliche Gichtstaub, von diesen Substanzen eingeschlossen, an den inneren Wandungen der Röhren, namentlich aller mehr oder weniger horizontal laufenden, fest. Es müssen dieselben daher behufs ihrer Reinigung zugänglich sein und man verschliesst deshalb auch dort, wo sich keine Staubsäcke befinden, die Rohrendigungen nicht fest, sondern nur mit Klappen (*f*, Fig. 217), die, wie weiter unten gezeigt werden wird, zugleich den Zweck erfüllen, die nachtheilige Wirkung eintretender Explosionen zu verringern.

ist sind die Gasleitungen weit genug, so dass die ab und zu nöthig len Reinigungen durch Knaben, welche hineingeschickt werden,

Fig. 218.



Staubsack zu Johannishütte.

en können. Sonst reinigt man sie, wie die russischen Schornstein- lurch Bürsten oder, was sich wegen der Löslichkeit der den Gicht- usammenhaltenden alkalischen Salze meist sehr gut bewährt, mit- nes Stromes durchgeleiteten Wassers.

Verbrennungsvorrichtungen.

erbrennungsluft. Es ist bereits bei der Heizung der Wind- ngsapparate durch Gichtgase darauf hingewiesen worden, dass die nnung dieser Gase besondere Einrichtungen erfordere.

Die wichtigsten Punkte, welche hierbei zu beachten sind, beziehen sich auf das richtige Luftquantum, welches den Gasen zu ihrer Verbrennung zugeführt werden muss, auf die gute Vermischung der Gase mit der Luft und auf die stetige Inbrandhaltung der Gase.

Luftmenge. Kennt man die Zusammensetzung der Gase, so ist es, wie bereits gezeigt, leicht, die Sauerstoff- und hiernach die Luftmenge zu bestimmen, welche zu der Verbrennung der verbrennlichen Theile derselben erforderlich ist. Wenn nun auch zur Ausnutzung der Wärme eine möglichst vollständige Verbrennung wünschenswerth wäre, so ist doch zur Schonung der Apparate, welche erhitzt werden sollen, falls sie aus Metall bestehen (Windröhren, Dampfkessel), eine reducirende Atmosphäre, also eine unvollständige Verbrennung besser.

Da die Gase der Hochöfen nach dem Schmelzgange in ihrer Zusammensetzung variiren, so ist es auch dann, wenn die Menge der Verbrennungsluft im grossen Durchschnitte bereits bestimmt war, noch nothwendig, den Luftzutritt während des Betriebes reguliren zu können. Dies geschieht am besten durch Schieber aus Blech, welche mit schlitzförmigen Oeffnungen versehen sind. Diese Oeffnungen entsprechen in Grösse und Zahl den Luftzuführungsöffnungen im Mauerwerk oder der Thür des Verbrennungsraumes. Durch eine seitliche Verrückung des Schiebers werden diese Oeffnungen nach Belieben verkleinert oder vergrössert.

Es ist in der Praxis nicht leicht, durch den blossen Augenschein zu beurtheilen, ob eine richtige Verbrennung stattfindet. Dies hat in Folgendem seinen Grund: Da (wie die Seite 213 angeführten Untersuchungen Bunsen's beweisen) die Verbrennung der Gase nicht plötzlich, sondern in Intervallen stattfindet, so tritt nicht sofort bei dem Zusammentreffen von Gas und Luft eine vollständige Verbrennung ein, sondern auf die erste Verbrennung folgt nach eingetretener hinreichender Abkühlung eine zweite, dritte u. s. f. Hieraus erklärt sich die ungemein grosse Länge der Gasflamme im Gegensatz zu einer von festem Brennmaterial herrührenden Flamme. Wird zu wenig Luft zugeführt, so verkürzt sich die Flamme, weil nach der ersten Verbrennung kein Sauerstoff mehr vorhanden ist; dieselbe Erscheinung findet aber auch bei zu starker Luftzuführung statt, weil in diesem Falle die durch letztere bewirkte Abkühlung so stark wird, dass die Verbrennungen sehr schnell und bald am Einströmungsorte erfolgen. Es bedarf kaum der Erwähnung, dass beide Fälle unökonomisch sind. Als praktische Regel darf man daher Folgendes aufstellen: Man verstärke den Luftzutritt so lange, bis die Flamme ihre grösste Länge erreicht hat, dann verkleinere man ihn wieder, um eine etwas reducirende Flamme zu erhalten.

Luft- und Gasmengung. Wenn das Gas als voller Strom von k[illegible]em Querschnitt durch den Verbrennungsapparat strömt, so

t die Verbrennungsluft nur eine verhältnissmässig kleine Oberfläche elben und es erfolgt eine sehr unvollständige Verbrennung. Deshalb s man auf möglichste Vertheilung des Gases und der Luft Bedacht men, um auf diese Weise so viel Berührungspunkte als möglich zwin beiden zu schaffen.

Dies war schon von Faber du Faur gegen das Jahr 1837 richtig nnt worden und er versuchte den Zweck dadurch zu erreichen, dass lie Luft in fein vertheilten Strömen in den vollen Gasstrom bei dessen gung um einen rechten Winkel einblies. Eine solche Feuerung verhaulicht Fig. 219 [1]), wo das von A kommende Gas bei seiner Umgung nach B von den aus C einströmenden Luftströmen getroffen d. Aber es entging hierbei noch ein grosser Theil des Gases der Vernung.

Thomas und Laurens construirten dann eine Feuerung nach folden von ihnen aufgestellten Grundsätzen:

. Gas und Luft müssen in kleinen, parallelen, abwechselnden Strahlen in die Feuerung einströmen.
. Beide müssen verschiedene Geschwindigkeiten haben.
. Eines der beiden Materialien oder besser beide müssen erhitzt sein.

Fig. 219.



Fig. 220.



Gasverbrennung nach
Faber du Faur. Thomas und Laurens.

Die feine Vertheilung soll die Berührungspunkte vermehren; die veriedene Geschwindigkeit soll verhüten, dass sich zwischen die Ströme Gas und Luft der aus der Luft übrig bleibende Stickstoff und die der Verbrennung resultirende Kohlensäure als trennende Schicht legen; Erhitzung soll bewirken, dass in Folge der grösseren Extension der elnen Gas- und Luftpartikelchen eine energischere Verbrennung statte, und die zur Verbrennung nöthige Wärme nicht erst durch die brennung selbst hervorgerufen zu werden brauche.

Ein nach diesen Principien construirter Verbrennungsapparat ist in 220 [2]) abgebildet. Die Luft wird durch ein Gebläse vermittelst der

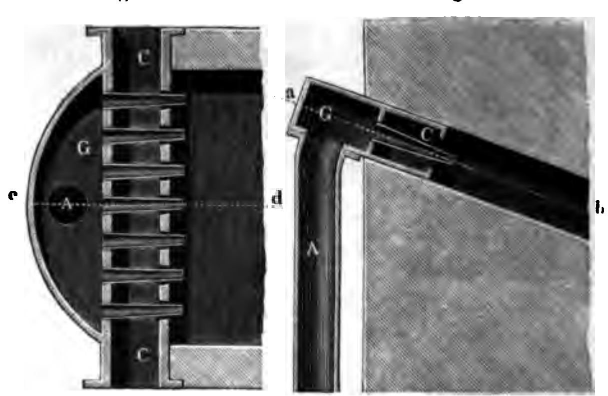
[1]) Vergl. Peclet, Traité de chaleur I, pag. 320. — [2]) Loc. cit.

Röhre DDA in den Raum B geblasen, aus dem sie durch die klei in die Trennungswand eingeschraubten Röhren $o'o'$ in den Verbrennu raum gelangt. Das Hochofengas tritt durch die Röhre FFE in Raum c, und gelangt aus diesem durch die die Mündungen der Röhre umgebenden concentrischen Röhren o in den Verbrennungsraum, w sich mit der Luft mischt. Es wurde zu den Versuchen Luft von 300 400° C. und einer Pressung von 15 bis 20 Centimeter Wassersäule a wendet, und es wird behauptet, dass bei einer Temperatur der Gase 200 bis 300° C die besten Resultate erzielt worden seien.

In ähnlicher Weise construirt, doch vereinfacht dadurch, dass statt mehrerer Reihen Einströmungsöffnungen über einander nur einzige Reihe wählt, findet man noch jetzt mehrere Gasfeuerungen Hüttenwerken angeordnet. In Fig. 221 und 222 ist eine derartige richtung abgebildet [1]). Durch A tritt die Verbrennungsgebläseluft in Raum G und strömt aus diesem durch sieben Düsen in den Verbrenn raum, während die Gase von beiden Seiten in den Canal CC treten aus ringförmigen die Düsen umschliessenden Canälen austretend sich der Luft vereinigen.

Wenn auch die Richtigkeit der angeführten Principien nicht be felt werden kann, so ist doch die Einrichtung der danach constru

Fig. 221. Fig. 222.



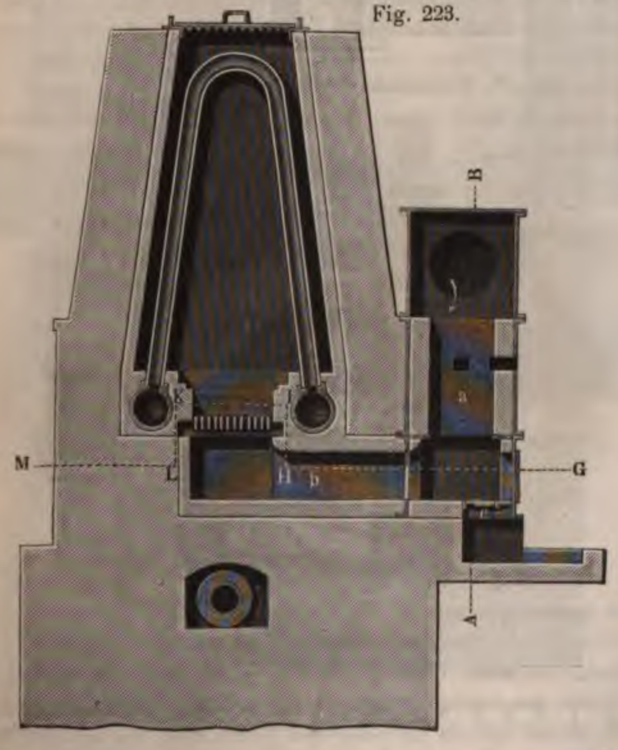
Durchschnitt nach *a b*. Durchschnitt nach *c d*.
Gasverbrennung nach Schinz.

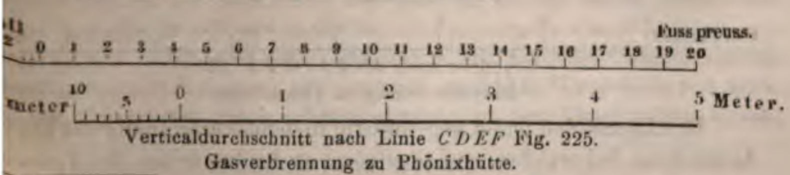
Apparate derart, dass ihre Unterhaltung in der Praxis viel Schwierigk verursacht. Die Anwendung von Gebläsewind zur Verbrennung be geschlossene, daher schwer zugängliche Windzuführungen; die Ve lung der Gase durch ringförmige Düsen begünstigt die Versetzung d Gichtstaub und erschwert die Reinigung; die Benutzung heisser verbietet (wenn man nicht eine erneuete künstliche Erhitzung zu nehmen will) deren Abkühlung behufs Reinigung von Wasserdampf.

[1]) Vergl. Schinz (Wärmemesskunst), Tafel VI, Fig. 102 und Fig. 104.

Man ging daher zuerst zu einer Vereinfachung der Apparate nach der Beaufumé'schen Generatorgasfeuerungen über, d. h. man leitete e und Verbrennungsluft durch neben einander liegende rectanguläre nungen in den Verbrennungsraum, und erwärmte nur die vom Ge- e eingepresste Verbrennungsluft durch Circulation unter und neben Verbrennungsraume. Später vereinfachte man die Anlage noch be- tend mehr durch Benutzung von Zugluft statt der Gebläseluft, und auf diese Weise zu Anlagen, wie Fig. 223, Fig. 224 und 225 (a. f. S.), che die Gasverbrennung für einen Winderhitzungsapparat auf der nixhütte bei Ruhrort darstellen [1]). Hier strömt das Gas in der Rich- g des Pfeiles in den Verbrennungsraum *a*, mischt sich dort mit der t, welche aus den viereckigen Oeffnungen im Mauerwerke zugeführt l, entzündet sich an den Hülfsfeuerungen *cc* und gelangt durch die itze *bb* in den Winderhitzungsapparat. Versagen die Gase, so heizt

Fig. 223.





Verticaldurchschnitt nach Linie *CDEF* Fig. 225.
Gasverbrennung zu Phönixhütte.

[1]) Vergl. Schönfelder, Baul. Anlagen Taf. III, Jahrg. III, Fig. 2, 3 bis 4.

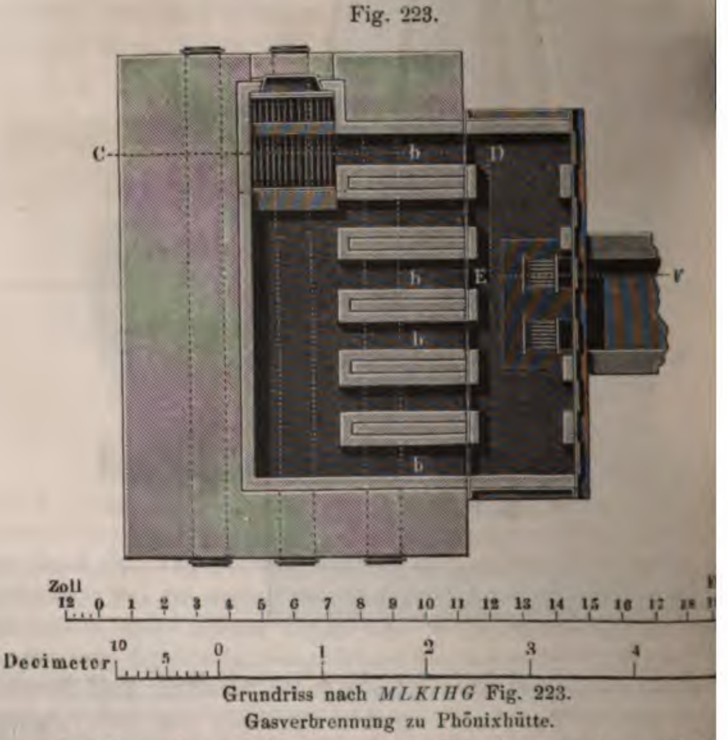
man auf dem hinreichend grossen Reserveroste, welcher in Fig. 22[illegible] Grundrisse zu sehen ist.

Fig. 224.



Verticalschnitt nach AB Fig. 223.

Fig. 223.



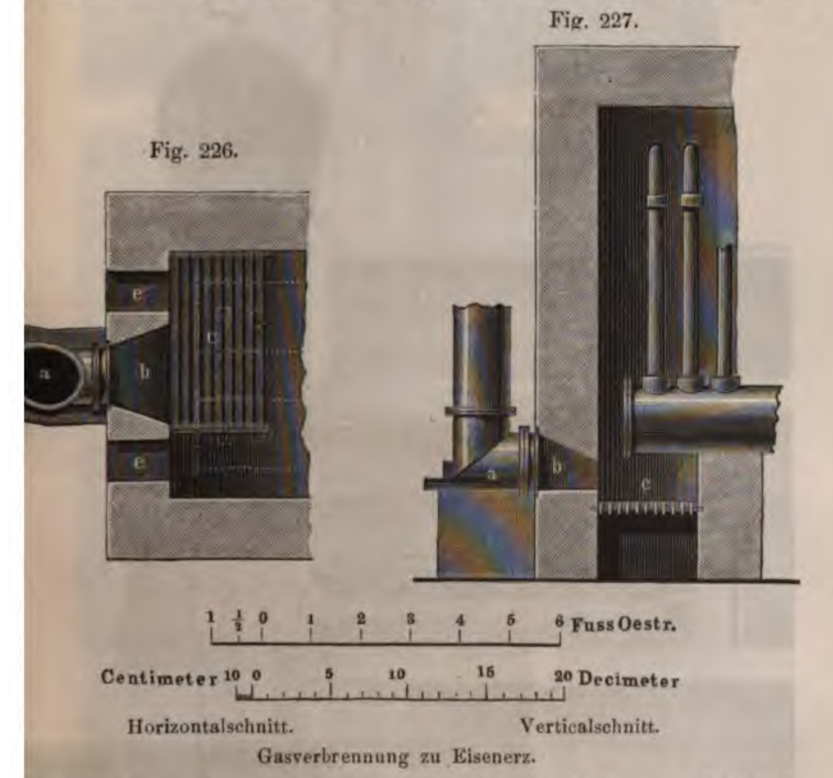
Grundriss nach $MLKIHG$ Fig. 223.

Gasverbrennung zu Phönixhütte.

Im Allgemeinen findet gegenwärtig diejenige Anordnung die h[illegible] Anwendung, bei welcher zwei Gasströme an beiden Seiten des Feu[illegible]

rnes durch vertical oblonge Schlitze von geringer Breite eingeführt rden, während die Luft in der Mitte durch stellbare Oeffnungen der ir eindringt. Seltener kehrt man die Einrichtung um und lässt die e in der Mitte, die Luft durch zwei Oeffnungen an der Seite einströ- n; denn die Erfahrung lehrt, dass dies weniger erfolgreich für eine e Verbrennung ist, als die erstere Methode.

Eine Anordnung der letzten Art zeigen Fig. 226 und 227 [1]. Die einigten Gase gelangen aus dem Rohre *a* durch das in horizontaler



Horizontalschnitt. Verticalschnitt.

Gasverbrennung zu Eisenerz.

htung sich erweiternde, in verticaler Richtung sich verengende Mund- k *b* in den Verbrennungsraum, während die Luft durch die Oeffnungen von beiden Seiten zutritt. Hier strömt auch noch Luft zu durch den st *c*, dessen Zweck in der Aufnahme einiger Kohlen zur Inbrandhaltung Gase besteht. In dem Horizontalschnitte Fig. 226 ist ein Drittel der tstäbe als fortgenommen gedacht.

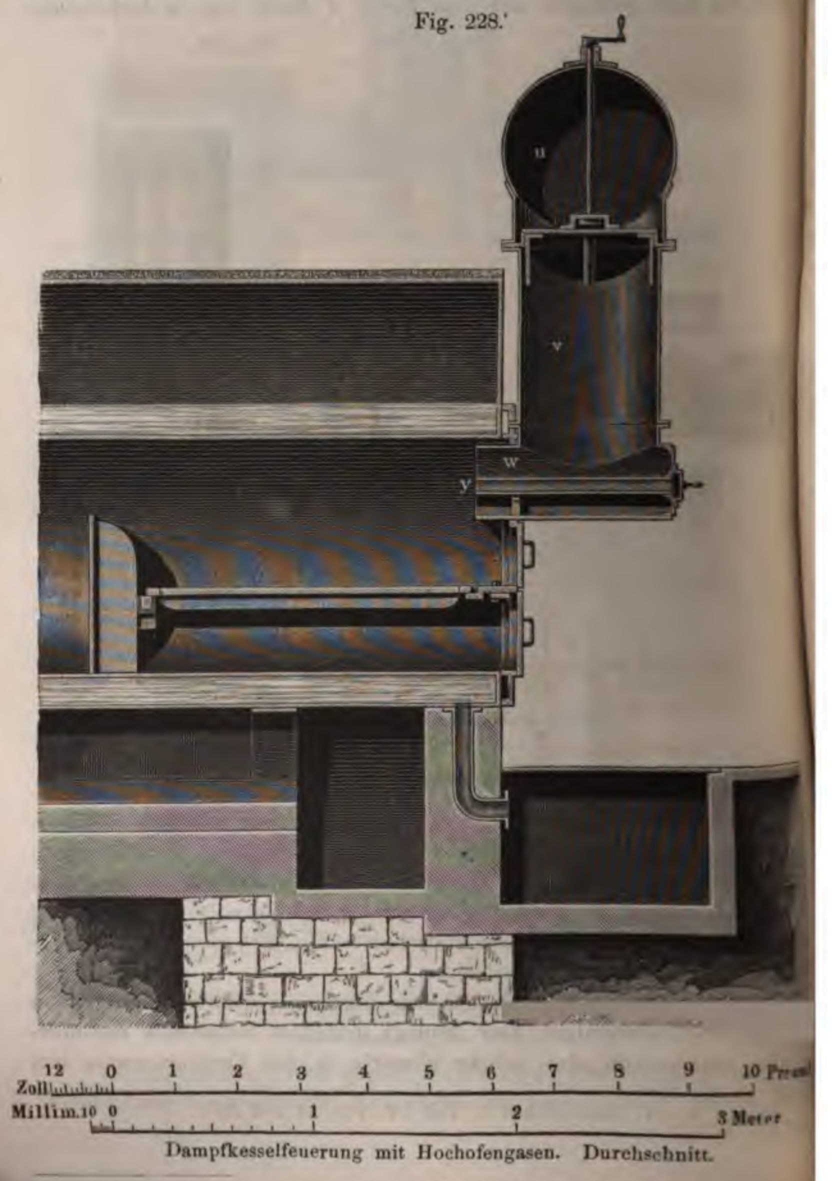
Zuweilen leitet man auch das Gas durch ein dem vorigen ähnlich ormtes schnabelförmiges, aber geneigt gestelltes Mundstück mit hori- ntalem Schlitz von oben schräg abwärts in den Feuerungsraum ein,

[1] Vergl. Kerl, Hüttenkunde I, Taf. IV, Fig. 88 und 89.

während die Luft durch Oeffnungen der darunter liegenden Thür (theilweise auch durch den Rost) eintritt.

Eine Einrichtung, welche zur Heizung von Dampfkesseln auf der Hütte zu Neustadt am Rübenberge bei Hannover angewendet und bei welcher die Verbrennungszugluft durch Röhren, die innerhalb der Gasleitungsröhren liegen, eingeführt wird, ist in Fig. 228 und Fig. 229 dargestellt [1]). Sie schliesst sich zwar in ihrer Construction an die Seite 367

Fig. 228.

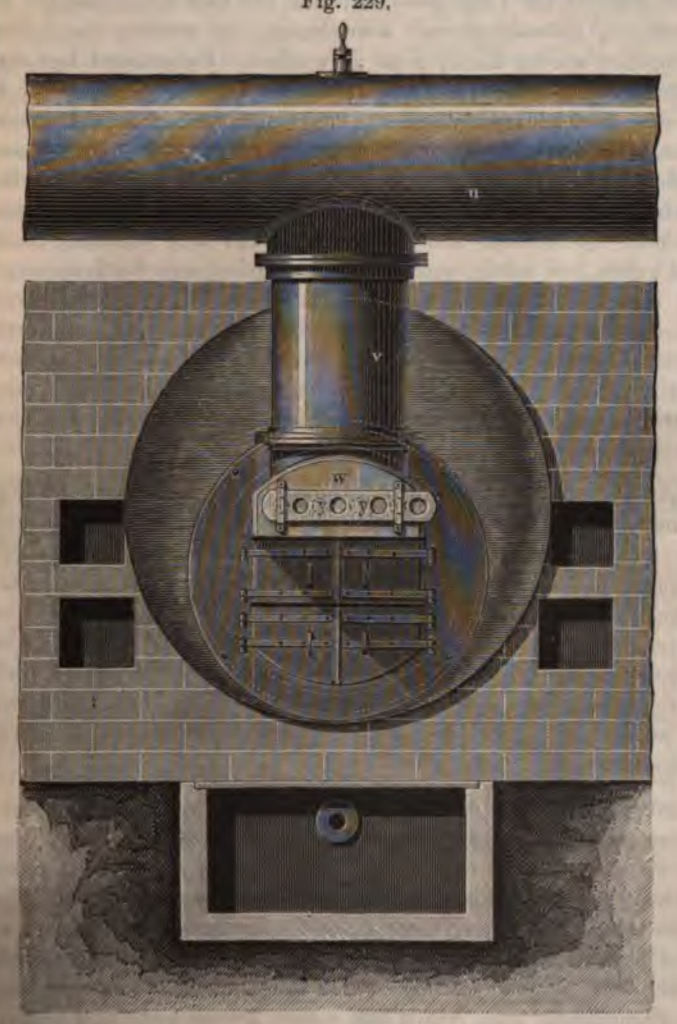


Dampfkesselfeuerung mit Hochofengasen. Durchschnitt.

[1]) Sammlung von Zeichnungen für die Hütte 1861, Taf. 15 f.

Seite 368 geschilderten, mit Gebläseluft betriebenen Einrichtungen wird aber wie die vorhergehenden Verbrennungsapparate mit Zugluft

Fig. 229.



Maassstab von Fig. 228.

Dampfkesselfeuerung mit Hochofengasen. Vorderansicht.

ist. Das Gas geht in dem Rohre *u* vor allen Kesseln entlang und jedem einzelnen durch einen Stutzen *v* und den Ansatz *w* zugeführt. em letzteren liegen je vier Röhren *y* für die Luft, deren Menge kleine Schieber (Reiber) regulirt werden kann. Der Rost dient zur Reserve.

Es hat sich zwar in den meisten Fällen herausgestellt, dass die gewöhnlichen Oeffnungen an den Schlussflächen einer mit nicht all zu grosser Sorgfalt gearbeiteten Thür genügen, um der Luft hinreichenden Zutritt zu gewähren; indessen ist eine Einrichtung, bei welcher die Luftmenge nicht regulirt werden kann, stets verwerflich. Ueberhaupt legt man auf die richtige Grösse der Gas- und Luftzuführungsöffnungen in der Praxis meist einen viel zu geringen Werth und daher kommt es z. B., dass man die Gase vom Betriebe der Hochöfen auf graues Roheisen in manchen Gegenden nicht verwerthen zu können glaubt. Würde man den Gasausströmungsöffnungen einen der verhältnissmässig geringen Gasmenge entsprechenden Querschnitt und den Gasen damit eine passende Geschwindigkeit geben, so würde auch hier eine regelmässige Verbrennung stattfinden. Natürlich darf man nicht voraussetzen, dass ein geringeres Gasquantum dasselbe leiste, als eine grössere Menge, und z. B. nicht erwarten, dass wenn die Gase eines auf weisses Eisen schnell betriebenen Hochofens zur Heizung einer gewissen Zahl von Dampfkesseln ausreichen, dies auch beim langsameren Betriebe desselben Hochofens auf graues Roheisen der Fall sein werde.

Länge des Verbrennungsraumes. Da die Verbrennung der Gase nur allmälig stattfindet, so muss der Verbrennungsraum eine hinreichende Ausdehnung haben. Bei der Benutzung der Gase zur Dampferzeugung sind die Canäle unter dem Kessel und seitwärts von demselben ohne Schwierigkeit in der erforderlichen Länge herzustellen; bei Röstöfen, Kalkbrennöfen u. dergl. m. ergiebt sich eben so natürlich ein langer Weg zwischen den zu erhitzenden abwärts sinkenden Stücken; schwieriger wird es gewöhnlich, bei Winderhitzungsapparaten dieser Forderung gerecht zu werden. Der Regenerator-Winderhitzungsapparat erfüllt am vollständigsten den verlangten Zweck.

Inbrandhaltung der Gase. Wenn die zu Feuerungen benutzten Gase von einem einzigen Ofen entnommen werden, so wird der Gasstrom unterbrochen, so oft die Gicht, falls sie für gewöhnlich geschlossen ist, behufs der Beschickung geöffnet wird, und so oft man den Wind, wie es beim Abstich oder zum Zwecke von Reparaturen, am Hochofen abstellt. Kommt nun der Gasstrom wieder in Gang, so strömt er, namentlich wenn er durch Reinigung abgekühlt ist und mit einfachem Zugwind verbrannt wird, unentzündet aus, erfüllt also seinen Zweck nicht und kann ausserdem, wie sogleich gezeigt werden wird, zu schlimmen Explosionen Veranlassung geben.

Um derartige Störungen zu vermeiden, muss man Hülfsmittel anwenden, welche die Beseitigung derselben durch Menschenhände, d. h. durch jedesmaliges erneutes Anzünden des Gasstromes, unnöthig machen.

Es giebt zwei derartige Hülfsmittel, welche häufig vereinigt benutzt werden; das erste ist die Construction von Verbrennungskammern, deren Wände auch bei längerer Unterbrechung des Gasstromes

die nöthige Wärme zur Entzündung bewahren, das zweite die Anlage von Hülfsfeuerungen.

Verbrennungskammern, deren Vorzüge zur Vermeidung der nachtheiligen Einwirkung einer directen Stichflamme auf die Eisentheile der Winderhitzungsapparate oder auf die Dampfkesselbleche bereits hervorgehoben worden sind, genügen nur dann vollständig, wenn ihre Wände hinreichend stark sind, um die Hitze für die Zeit der Unterbrechung des Gasstromes auf mehr als 300° zu erhalten. Man umgiebt sie daher mit schlechten Wärmeleitern oder richtet sie nach Art der Regeneratoren mit Scheidewänden ein, wie überhaupt die Anlage von Regeneratoren (vergl. S. 146) sie vollständig ersetzt. Solche Verbrennungskammern sind bereits in Fig. 94 bis 97 S. 117 und 118 und Fig. 107 bis 109 S. 128 und 129 abgebildet. Eine Verbrennungskammer, welche bei Anwendung von erhitzter Gebläseluft benutzt werden kann, ist in Fig. 230 (a. f. S.) dargestellt [1]. Die Vorrichtung wird auf der Friedrich-Wilhelmshütte zu Mühlheim an der Ruhr für die Winderhitzungsapparate *HIK* benutzt, aus denen der erhitzte Verbrennungswind durch das Rohr *ab* entnommen wird. Der Kasten *A* ist durch eine durchlochte Platte in zwei ungleiche Theile getheilt, in deren unteren grösseren das Gas tritt. Sollte diese Luftzuführung nicht genügen, so kann noch eine weitere durch die Oeffnungen *BB* stattfinden.

Zu Hülfsfeuerungen bedient man sich der Roste. Sie erfüllen stets vollkommen den Zweck, können zugleich als Zuleiter erwärmter Verbrennungsluft benutzt werden, wenn man den Aschenfall mit regulirbaren Luftzutrittsöffnungen versieht, und lassen sich ohne Schwierigkeit unterhalb des Verbrennungsraumes, gleichgültig ob eine besondere Kammer angewendet wird oder nicht, anbringen. Ein solcher Rost ist bereits mehrfach, z. B. in Fig. 226 und 227 (S. 371) dargestellt.

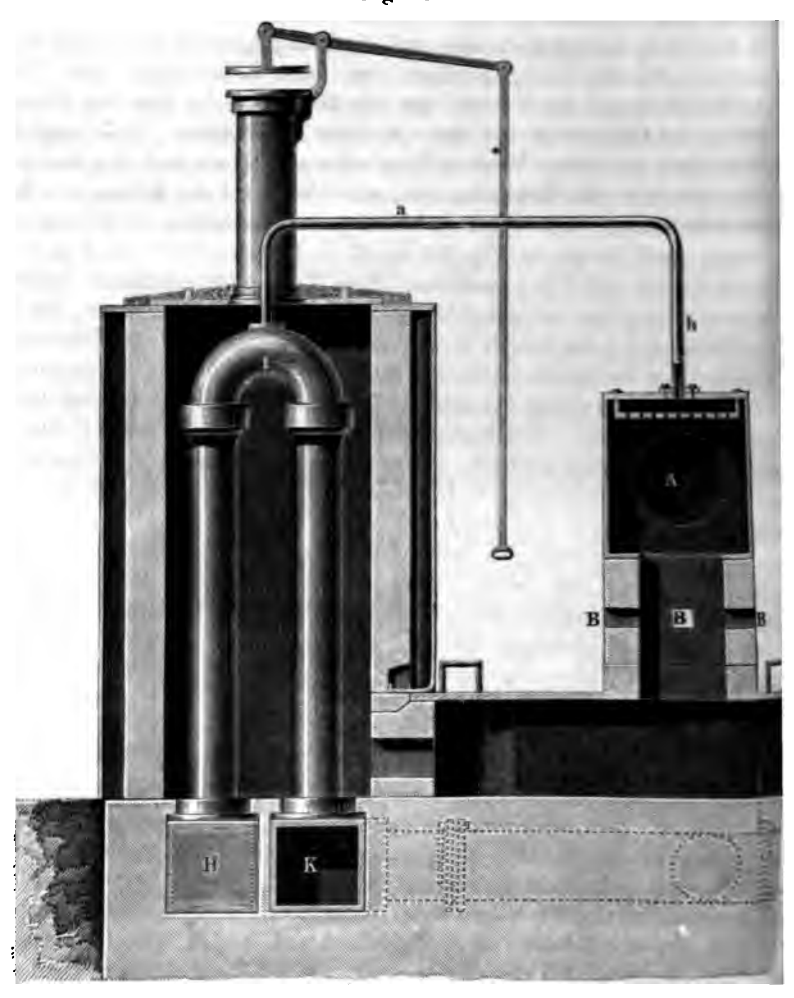
Da für den Fall von Störungen im Hochofenbetriebe, namentlich auch bei Reparaturen an der Gasleitung, eine Reservefeuerung stets nöthig ist, so legt man diese Roste gleich von der Grösse an, dass sie zur ununterbrochenen Dampferzeugung, Winderhitzung etc. ausreichen. Für gewöhnlich unterhält man auf denselben nur ein ganz schwaches von Brennmaterialabfällen genährtes Feuer, zündet dies auch zuweilen nur kurz vor dem Abstich der Hochöfen an und lässt es erlöschen, sobald der regelmässige Gang wieder eingetreten ist. Entschieden fehlerhaft ist es, den Luftzutritt zu solchen Rosten nicht verstellbar einzurichten, da die Grösse der Rostspalten (der freien Rostfläche) auf einen alleinigen Betrieb dieser Hülfsfeuerung berechnet sein muss und daher bei einem sehr schwachen Betriebe ein zu reichliches Luftquantum zugelassen wird. Die Regulirungsvorrichtungen bestehen entweder in Schiebern, welche die freie Rostfläche nach Bedarf verkleineren oder vergrösseren, oder in stellbaren Oeffnungen, welche in den Thüren des Aschenfalls angebracht sind.

---

[1]) Vergl. Sammlung von Zeichnungen für die Hütte 1867.

Bei der Vereinigung von Gasleitungen mehrerer Hochöfen sind derartige Vorsichtsmaassregeln zwar nicht so nöthig, weil der Betrieb leicht

Fig. 230.



Verbrennungskammer für Hochofengase.

so eingerichtet werden kann, dass der Gasstrom niemals ganz unterbrochen wird; indessen ist es immerhin empfehlenswerth, entweder Verbrennungskammern zur Vermeidung der Stichflamme, oder Roste als Be-

erung anzulegen, weil man dadurch auch jedem ausnahmsweise
ch Zufall eintretenden Bedürfnisse zur Selbstentzündung der Gase
ıg trägt.

Explosionen der Gase.

Ableitung der Hochofengase hatte sich im Anfange ihrer Be-
in Folge der vielfachen, oft schreckliche Verheerungen anrich-
Gasexplosionen zahlreiche Feinde erworben, während gegenwärtig
xplosionen der Zahl nach verringert und in ihrer Wirkung völlig
wächt, jedoch immer noch nicht ganz zu vermeiden sind.

ünde von Explosionen. Die Gasexplosionen finden entweder
rennungsraume oder in den Röhrenleitungen statt. In beiden
ntstehen sie durch Vermischung der kohlenoxydgasreichen und
offhaltigen Hochofengase mit atmosphärischer Luft zu einem
ähnlichen Gemenge, welches bei seiner Entzündung stark expandirt.
ie solche Vermischung in den Verbrennungsapparaten findet
enn beim Anlassen des Gasstromes überhaupt, oder nach einer
echung, in den Verbrennungsraum oder in die zur Weiterleitung
brannten Gase dienenden Canäle und Räume, welche sich nach
n des Gasstromes mit atmosphärischer Luft gefüllt haben,
rannte Gase einströmen. Wird das Gemisch nun entzündet, so
t es, zerstört die Apparate und kann bei Dampfkesseln eine weitere
n der letzteren veranlassen.

Vermischung in den Gasleitungsröhren dagegen kann zweierlei
haben: Entweder tritt nach der Abstellung des Gasstromes in
kohlenoxydhaltigen Gasen angefüllte Leitungsrohr durch den
nungsapparat oder die geöffnete Gicht Luft ein. Das gebildete
e explodirt dann beim Wiederentzünden des Gasstromes im Augen-
s Anlassens. Oder es wird von dem Gasstrome, ohne dass er
chen wird, durch undichte Nietstellen und ähnliche Oeffnungen,
ch während der Oeffnung der Gicht durch die Rohrmündung Luft
gt, wenn die Pressung der Gase geringer ist als die der Atmo-

diesem Falle finden zwar keine Explosionen statt, so lange der
n mit hinreichender Geschwindigkeit in den Verbrennungsraum
t. Wird aber aus irgend einem Grunde, z. B. beim Aufgeben
chickung, diese Geschwindigkeit verringert und namentlich das
ick stark erhitzt, so tritt die auch bei den gewöhnlichen Leucht-
nen, in Bunsen'schen Brennern u. s. w. oft beobachtete Erschei-
s Zurückschlagens ein, d. h. das im Rohre befindliche Gasgemenge
et sich und explodirt.

rhütung von Explosionen. Die Gasexplosionen im Verbren-
ume oder den dazugehörigen Canälen lassen sich stets dadurch

vermeiden, dass man die Gase niemals unentzündet ausströme
Verbrennungskammern und Hülfsfeuerungen sind daher die bester
mittel, und zwar sind, wenn man über die hinreichende Aufspei
von Wärme in den ersteren nicht Gewissheit hat, die Hülfsfeueru
sichersten, weil sie nie ihren Dienst versagen. Bei der Vereinig
Gasströme mehrerer Hochöfen ist, wie bereits erwähnt, ein V
der Gase überhaupt nur ausnahmsweise zu fürchten, und es sin
Explosionen in diesem Falle auch ohne diese Vorkehrungen höch

Ist durch Unvorsichtigkeit oder Nachlässigkeit dennoch
löschen des Gasstromes eingetreten, also möglicher Weise be
explosives Gemenge entstanden, so wird man durch fortgesetz
strömenlassen der unentzündeten Gase unter Abschluss der Luf
öffnungen vorerst eine durch Reichthum an Gas nicht mehr
Atmosphäre erzeugen müssen, ehe man zu erneueter Entzündung
ten darf. Namentlich ist bei Anwendung von Gebläseverbrenn
darauf zu achten, dass sofort das Gebläse abgestellt werde und a
bleibe, bis nach Herstellung einer gasreichen Atmosphäre die Gas
entzündet werden können.

Gegen die Explosionen in den Gasleitungsröhren, wenn sie v
Vermischung der Luft beim Stillstande des Gasstromes herrühren
Gegenmittel in der zweckmässigen Anordnung von Ventilen und
Construction der Gichtgasfänge zu suchen.

Die Luft wird in ein oben und unten geöffnetes Gasleit
beim Stillstande der Gasentziehung im Allgemeinen stets du
Verbrennungsapparat eindringen, weil, vorausgesetzt die Leitu
von der Gicht zur Hüttensohle, auf dem Ende der Gasleitung ein
Luftsäule lastet als auf dem Anfange und, in Folge dieses Dru
schiedes, die Gase aus der Oeffnung an der Gicht herausgedrängt
Schliesst man die Gasleitung nur unten ab, so wird je nach der F
der Weite der Röhrenleitung die Vermischung langsamer oder
vor sich gehen. Ist nämlich die Röhrenleitung oben mit einem
Gicht aufwärts steigenden Stücke (wie z. B. beim Langen'sc
Darby'schen Apparate Fig. 203 und 187) versehen, so wird
höchsten Theile befindliche Gas als leichterer Körper gewisse
einen Abschluss bilden und die Vermengung mit der Luft nur d
mälige Diffusion zulassen; ist dagegen das Rohr, wie bei den
seitlichen Gasentziehungen, einfach absteigend angeordnet, so wi
leichter, je weiter das Rohr ist, eine Strömung entstehen, d
Gas aus- und Luft eingeführt wird. Ein Verschluss der Röhr
durch ein an ihrem oberen Anfange angebrachtes Ventil wird da
vorzuziehen sein. Liegt die Mündung der Gasleitung nicht ü
dern unterhalb der Oberfläche der Beschickung im Hochofe
S. 322), so ist ein Eindringen von Luft auch ohne jeden Abs
oberen Theile kaum zu fürchten.

Während des Betriebes dringt ferner die Luft durch alle

Fugen der Leitung dann ein, wenn das Gas eine geringere Dich-
s die atmosphärische Luft hat. So einfach als Gegenmittel hier-
Dichthaltung der Leitung erscheint, so schwierig erweist sich
hrung solcher Dichtung in Wirklichkeit. Es ist daher ein zweites
tel vorzuziehen und dies besteht darin, dem Gase eine grössere
it zu geben, als die der Atmosphäre ist, was (vergl S. 328)
e andere Vortheile für den Betrieb bietet. Statt das Gas aus
zu saugen, wird man es also herausdrücken müssen.
gt man im oberen Theile der Leitung ein Ventil an, so verbin-
dasselbe am besten so mit dem Aufgebeapparate, dass es sich
fnen der Gicht selbstthätig schliesst. Eine einfache Hebelver-
erfüllt leicht diesen Zweck.

tel zur Verhütung von Nachtheilen bei Explosionen. Da
Anwendung der geschilderten Vorkehrungen durch Unvorsich-
er Schürer oder Aufgeber noch Explosionen stattfinden können,
man Mittel anwenden, um in diesen Fällen die Wirkungen
abzuschwächen; dies geschieht dadurch, dass man dem Gase,
eine gewisse Spannung überschreitet, freien Abzug gestattet.
bringt zu diesem Zwecke Sicherheitsventile an, d. h. Klappen,
en Austritt der Gase bei gewöhnlichem Drucke hindern, ihn aber
bei bedeutend erhöhtem Druck, d. h. also bei Explosionen.
herheitsklappen werden zugleich als Verschluss der zur Reini-
r Röhren erforderlichen Oeffnungen benutzt und erfüllen somit
ppelten Zweck[1]). Sie werden an allen Leitungstheilen angebracht,
Veränderung in der Richtung des Gasstromes stattfindet. Meist
das etwas verlängerte Rohr schräg abschneiden und belastet die
schon durch ihr eigenes Gewicht abschliessende Klappe noch mit
baren Gegengewichten, welche an einem doppelarmigen Hebel
ht sind. Bei gusseisernen Röhren wird die Endigungsflansche
t, bei schmiedeisernen Röhren setzt man einen abgedrehten guss-
Kranz auf, und legt ausserdem noch einen Filzring zwischen
nd die gleichfalls abgedrehte Sicherheitsklappe.
Anordnungen solcher Sicherheitsklappen an horizontalen Röhren
g. 212 S. 361, am oberen Ende verticaler Röhren Fig. 203
m unteren Ende der letzteren Fig. 217 S. 364.
wirksamsten Sicherheitsvorrichtungen sind die offenen Wasser-
(Fig. 210 S. 359), welche den einzigen Nachtheil haben, dass bei
ftigen Explosion das Wasser zum grössten Theil oder ganz heraus-
dert und dadurch den Gasen auf einige Zeit der freie Austritt
tmosphäre geöffnet wird. Man hat daher Wasserhähne so anzu-
dass eine Neufüllung möglichst schnell erfolgen kann.

---

[1]) rgl. S. 364.

Explosionen im Hochofen und in den Windleitungen.

Hin und wieder kommen Explosionen im Hochofen selbst und in den Windleitungen vor, welche nicht selten Leben und Gesundheit der Arbeiter beschädigen. Gerade weil solche Explosionen zu den Ausnahmen gehören, und die beim Hochofen beschäftigten Arbeiter also nicht damit vertraut zu sein pflegen, ist es nöthig, näher auf Ursachen und Gegenmittel einzugehen.

Explosionen im Hochofen selbst.

Dampfexplosionen. Es lassen sich die meisten Beispiele für Explosionen im Gestelle des Hochofens aus England [1]) anführen, wo bekanntlich ein Mangel an Vorsicht und an gehöriger Aufsicht durch kenntnissreiche Beamte häufiger angetroffen wird, als in Deutschland. Bei solchen Vorgängen werden die flüssigen Massen von Roheisen und Schlacke, zuweilen in Mengen von nahe 100 Ctrn. (5000 Kilogrm. [2]) und häufig unter Zerstörung des Wallsteins oder des Tümpelsteins aus der Oeffnung des Vorheerdes oder auch aus den Formen [3]) mit grosser Gewalt, oft mehr als 200 Meter weit, herausgeschleudert und die in der Nähe befindlichen Arbeiter getödtet oder durch Brandwunden heftig beschädigt.

Es liegt nahe, hierbei eine ähnliche Wirkung explosiver Gasgemenge anzunehmen, wie solche bei Explosionen in den Gasleitungen Thatsache ist, da Kohlenoxydgas in reicher Menge vorhanden und atmosphärische Luft zugeblasen wird. Indessen ist in den meisten Fällen die Ursache eine ganz andere. Da nämlich die Hitze in diesen Theilen des Ofens sehr gross ist, so ist auch dem Kohlenoxydgase immer Gelegenheit zur Selbstentzündung geboten, sobald demselben Sauerstoff zugeführt wird, und es kann daher unter gewöhnlichen Umständen kein explosives Gemenge entstehen, da dessen Bildung stets einen Mangel an augenblicklicher Verbrennung voraussetzt.

Der Grund ist vielmehr in den bei weitem meisten Fällen in einer plötzlichen Dampfentwickelung zu suchen, welche dieselben Wirkungen wie bei einer Dampfkesselexplosion äussert.

---

[1]) Percy führt aus dem Jahre 1857 eine Explosion von der Mill-Fields-Hütte bei Bilston auf, eine aus 1859 von Corbins Hall bei Kingstonford in Südstaffordshire, bei der zwei Arbeiter getödtet wurden, zwei aus 1860, die eine auf den Hickman'schen Hochöfen bei Bilston in Südstaffordshire mit Tödtung zweier Arbeiter und eine zu Dundyvanhütte bei Coatbridge in Schottland mit Tödtung zweier Arbeiter, sowie eine aus 1861 zu Heyford-Hütte bei Weedon in Northamptonshire, bei der ein Arbeiter seinen Tod fand. — [2]) Z. B. 1860 zu Bilston. — [3]) Z. B. 1867 zu Königshütte in Oberschlesien.

Diese plötzliche Dampfentwickelung wird aber ihrerseits wieder ch das Undichtwerden von Wasserkühlungen, welche am unteren Theil Ofens angebracht sind, hervorgerufen und namentlich ist das Leck-den der Wasserformen sehr oft der nachweisbare Grund für das Ein-ıgen von Wasser in den Ofen.

Es ist allerdings von Praktikern darauf hingewiesen worden, dass Leckwerden (Leakage) der Wasserformen zu häufig eintrete, ohne losionen im Gefolge zu haben, um es als directe Ursache der letzteren ehen zu können. Director Menelaos zu Dowlais-Hütte sagt z. B. in em Schreiben an Dr. Percy [1]): „Lecke Formen (leaky twyers) sind ganz vöhnlich, und das Wasser aus denselben läuft zuweilen unter dem npel ganz harmlos hervor, ohne Explosionen zu verursachen ..... bst wenn alle Formen lecken, was zuweilen in Folge von Absperrung Wassers für eine kurze Zeit der Fall ist, wird (ohne andere hinzu-ende Umstände) keine Explosion stattfinden ..... Wir haben bei eren zahlreichen in Betrieb befindlichen Hochöfen oft den Fall, dass Eisen bis über die Formen steigt und dass dabei eine Form leckt, r es giebt kein Beispiel einer Explosion zu Dowlais aus diesem Grunde, wohl wir in Folge von Wassermangel im Sommer und in Folge der nutzigen Beschaffenheit des Wassers unglücklicherweise oft lecke For-n haben. — Könnte eine Explosion möglicher Weise durch eine selbst rächtliche Menge Wasser, welche unter Druck sich in den Ofen er-sst, hervorgebracht werden, so würden wir sicherlich jeden Monat lche haben."

Menelaos giebt zwar zu, dass die Ursache der Explosionen in einer tzlichen Dampfentwickelung zu suchen sei, behauptet aber, dass ausser-n noch besondere Bedingungen hierbei thätig sein müssten, und leitet se aus leichter bei anderen Eisenhüttenprocessen, namentlich beim nen des Roheisens zu beobachtenden Thatsachen folgendermaassen ab: „Wir [2]) glauben," schreibt er, „dass eine Explosion dann erfolgt, wenn Formenrüssel nass ist, abfällt und in die geschmolzenen Massen sinkt, r wenn in Folge einer Ofenversetzung irgend ein nasser Gegenstand er die Oberfläche des geschmolzenen Roheisens getaucht wird. — Wenn dem Aufgiessen von Wasser auf Eisen [3]) sich in dem Wassereimer ein nes Stückchen Schlacke befindet, so veranlasst dasselbe eine mehr oder der heftige Explosion, oft mit tödtlichen Folgen für die Arbeiter. benetzte Stück nämlich wird durch die Stärke des Wasserstromes er die Oberfläche des Eisens geführt und veranlasst die Explosion. enso ist es auch mit einer nassen Brechstange, welche in geschmolze-Eisen getaucht wird [4]). Die Arbeiter, welche dies wohl wissen, spülen Eimer sehr sorgfältig aus, um ganz reines Wasser zum Aufguss auf

[1]) S. 523 und 524 des Originals. — [2]) Er und seine Hochofenmeister. — Auf das abgestochene gefeinte Eisen oder auf Eisen im Puddelofen. — [4]) Beim tich der Hochöfen wird hierdurch zuweilen ein Herumschleudern des flüssigen ns herbeigeführt.

das Eisen zu erhalten. Nichts desto weniger kommen — namentlich bei den Feinfeuern — oft noch Explosionen vor, und erst vor wenigen Jahren wurden auf unserem Werke dabei zwei Menschen getödtet. — Bei einer einfachen Oeffnung der Wasserform (durch plötzliches Fortbrennen des Rüssels) wird keine Explosion veranlasst werden, wenn nicht ein Theil des nassen oder feuchten Materials derselben unter die Oberfläche des Eisens geräth. Es ist freilich schwierig, zu begreifen, wie ein kleines Stück nasser Schlacke oder nassen Eisens, welches unter die Oberfläche des geschmolzenen Eisens geräth, so heftige Explosionen, wie zuweilen stattfinden, veranlassen kann, aber nach unserer Erfahrung von den Feinen her kann kein Zweifel über die Richtigkeit dieser Annahme bleiben."

Wenn freilich in Deutschland glücklicher Weise die Hochofenmeister ein Lecken der Formen in diesem Grade niemals zulassen werden, und daher Beobachtungen über die Menge des Wassers, welche eine Explosion veranlasst, hier schwieriger anzustellen sind, so darf doch nach den vorhandenen Erfahrungen Folgendes als die richtige Ursache angenommen werden:

Leckt eine Form in geringem Maasse, d. h. fliesst das Wasser nur tropfenweis aus, so wird jeder Tropfen einfach in Dampf verwandelt werden, ohne eine Explosion zu verursachen, so lange der Dampf Gelegenheit zu seiner Ausdehnung findet. Gewöhnlich wird hierdurch in unmittelbarer Nähe des Lecks so viel Wärme gebunden, dass sich Schlacke und Eisen (letzteres oft in Form von kohlenstoffarmem, stahlartigem Eisen) als feste Kruste anlegen und bald den Riss schliessen. Zuweilen können kleine Wege hinter dieser Kruste offen bleiben, und dann mag das Wasser, auch wenn der Riss sich erweitert, ruhig unter dem Tümpel ausfliessen können. Die geringe Menge des in kurzen Intervallen sich bildenden Dampfes findet ihren Weg mit den Gasen aufwärts durch die lockere Beschickung und die Gase müssen in solchen Fällen reich an Wasserstoff sein.

Die Bedingung zu einer Explosion wird dagegen stets gegeben sein, wenn der Dampf sich nicht hinreichend ausdehnen kann, und dies kann in zwei Fällen geschehen: erstens, wenn sich plötzlich eine grosse Menge Wasser in den mit flüssigen Massen angefüllten Hochofen ergiesst, so gross, als dass der daraus entwickelte Dampf einen hinreichend schnellen Abzug durch die darüber liegende Beschickung finden könnte, und zweitens, wenn auch bei einer kleinen Menge Dampf die Abzugswege durch flüssige Massen ganz versperrt sind. Ersteres findet statt, wenn die Wasserform plötzlich ganz, sei es durch Abschmelzen, sei es durch Abbrechen, geöffnet wird und so dem durchfliessenden oder neu zutretenden Wasserstrome ungehinderten Eingang in den Hochofen gestattet. Indessen erfolgt auch in diesem Falle nicht stets eine Explosion. Ist nämlich im Ofen nur wenig flüssiges Eisen vorhanden, der übrige Raum bis zu den Formen aber, sei es mit Koks, sei es mit Schlacke gefüllt, so verdampft

auch eine grössere Menge Wasser an der grossen Oberfläche der Koksstücke oder an den Rändern der sich aufblähenden und blasenbildenden Schlacken allmälig und bewirkt nur eine Abkühlung und zuweilen geradezu ein Ersaufen des Ofens. Ist der Ofen dagegen bis zum Formenniveau mit Eisen gefüllt und liegt namentlich wenig Schlacke über dem Eisen, so tritt auf der Oberfläche des letzteren eine sehr plötzliche Dampfentwickelung, wohl unter gleichzeitiger Zersetzung des Wassers, ein. Daher erklärt es sich auch, dass die meisten Explosionen nachweislich kurz vor dem Abstich erfolgen.

Dem Dampfe wird aber zweitens, selbst wenn er sich aus geringen Mengen Wassers bildet, der Abzug verschlossen, falls die Dampfentwickelung unter der Oberfläche des geschmolzenen Eisens vor sich geht, und insoweit hat Menelaos vollständig Recht, wenn er behauptet, dass Explosionen durch einfaches Eintauchen nasser Körper in flüssiges Eisen hervorgerufen würden. Man kann ausser den von ihm selbst angeführten Beweisen noch mancherlei andere Erfahrungen über die ganz verschiedene Wirksamkeit des frei abziehenden und des eingeschlossenen Wasserdampfes beibringen, so z. B., dass das Eisen sich in Wasser granuliren lässt und dabei, ungeachtet die Wasserstoffflammen auf der Oberfläche spielen, keine Explosion veranlasst, während doch ein einziger Tropfen Wasser auf einer Coquille beim Guss der Gänze ein Umherwerfen des flüssigen Roheisens veranlasst; ebenso dass man Eisen ohne explosive Wirkung in ganz nassen Sand giessen kann, während andererseits eine frisch gelehmte Giesskelle, in den Vorheerd oder Schöpfheerd eines Hochofens getaucht, die ganze Eisenmasse herausschleudert. Ueberall lässt sich dieselbe Erklärung anwenden. Hat der Dampf freien Abzug (durch das Wasser im ersten, durch den Sand im zweiten Falle), so findet keine Explosion statt; wird er durch flüssiges Roheisen (gleichsam die Wandung eines Dampfkessels) zurückgehalten, so schleudert er das Hinderniss, welches ihm den geringsten Widerstand darbietet, also hier das flüssige Roheisen, fort.

Am gefährlichsten ist daher auch ein Leckwerden des Wassertümpels, da hier das Wasser in den meisten Fällen direct unter die Oberfläche des flüssigen Eisens gelangt.

Gründe des Leckwerdens der Formen. Die Gründe für das Leckwerden der Formen werden zugleich die Mittel zur Vermeidung derartiger Explosionen an die Hand geben. Der häufigste Grund ist Wassermangel. Gerade wie bei einem Dampfkessel Wassermangel, Glühendwerden der Wandungen und plötzliche Verdampfung beim Einpumpen frischen Wassers die gewöhnlichsten Ursachen von Zerreissungen der Bleche sind, so auch bei den Wasserformen. Ein Wassermangel kann aber eintreten durch Nachlässigkeit, in Folge derer der Wasserstrom ganz zu fliessen aufhört, oder durch Verstopfung des Wasserweges, sei es in Folge mechanischer Verunreinigung des Wassers, sei es durch Kesselsteinablagerung. Während des Wassermangels wird das Maul glühend

und schmilzt sogar ab, wenn die Form aus Gusseisen oder Bronze war. Bei dem nach Abstellung der Hindernisse erfolgenden erneueten Wasserzuflusse tritt nun eine plötzliche Dampfentwickelung ein; die Form wird zersprengt und das Wasser ergiesst sich in den Ofen. Ein Aufhören des Wasserstromes durch Nachlässigkeit der Arbeiter ist mittelst scharfer Controle oder Androhung von Strafen, eine Verstopfung des Wasserweges durch Unreinigkeiten im Wasser aber mittelst vorheriger Reinigung des Wassers durch Siebe, welche an irgend einem Theil der Wasserleitung angebracht sind, zu vermeiden. Dagegen giebt es kein ausreichendes Gegenmittel gegen den Absatz von Kesselstein. Bei gyps- oder kalkreichen (z. B. entsäuerten Gruben-) Wässern muss man daher häufig die Menge des bei gleichem Druck durch die Form fliessenden Wassers controliren, und wenn diese sich bedeutend verringert, die Form auswechseln.

Um den Nachtheil zu beseiti... en eine Explosion der gleichsam als Dampfkessel wirkenden W... schon an sich hervorbringt, hat Bergrath Teichmann, Director ... nigl. Friedrichshütte bei Tarnowitz, Formen vorgeschlagen und ...öfen angewendet, welche nach aussen gar nicht verschlossen ...aher den nebenstehenden Durchschnitt (Fig. 231) haben. D... ...hr *ab* wird beständig gegen die ...lwand *cf* Wasser gespritzt und ...o durch kleine Oeffnungen gegen ... vorderen Theil der Wandungen ...d *fg*. Das Wasser fliesst an ... Theilen der Form herunter und am tiefsten Punkte bei *h* aus. Die Controle für das richtige Wasserquantum ist indessen bei dieser Einrichtung weit schwieriger und dürfte daher bei grösseren Anlagen, wo man sich so viel wie möglich vom Arbeiter unabhängig machen muss, kaum Verbreitung finden. Schliesst man, um keine ganz geschlossene Form zu haben, nur den unteren Theil der Form *hi*, so entbehrt man den Vortheil, das Wasser mit Druck (beliebiger Geschwindigkeit) durch die Form treiben zu können.

Fig. 231.

Teichmann's Form.

Ein weiterer Grund für das Leckwerden der Formen ist in der ungleichförmigen Ausdehnung ihrer Theile bald nach dem Einsetzen zu suchen, da der Rüssel von aussen einer viele hundert, von innen einer nur wenige Grade betragenden Temperatur ausgesetzt wird. Blasige Gussstellen bei gegossenen, schlechte Schweissstellen bei schmiedeisernen Formen tragen natürlich zur Vergrösserung dieses Uebelstandes bei. Im Allgemeinen sind gusseiserne Formen derartigen Verletzungen am meisten ausgesetzt und geben gewöhnlich sofort starke, sich immer erweiternde Risse, während bronzene und schmiedeiserne (auch gusseiserne

t schmiedeisernem Rohr versehene) Formen allmälig reissen und daher einem tropfenweisen, meist unschädlichen Austritt des Wassers Veranlassung geben.

Ein dritter Grund des Formenleckens liegt in Beschädigung der Formen durch die im Hochofen befindlichen Massen. Wenn, was häufig geschieht, die Formenrüssel frei in das Innere des Ofens ragen, so gleiten über sie die an den Wänden niedersinkenden Materialien und reiben sie [1]. Zuweilen veranlasst auch das plötzliche Niedergehen von Massen [2], welche sich in höheren Theilen des Ofens angesetzt hatten, die Zerstörung der Form. Das zu hohe Aufsteigenlassen des im Ofen angesammelten flüssigen Eisens, sowie das Anwachsen der auf der Sohle sich anlagernden wenig gekohlten Eisenmassen (der Sau) bringt ähnliche Erscheinungen hervor.

In Bezug auf die beiden letzteren Gründe führt Menelaos [3]) allerdings an, Roheisen steige oft über die Formen, ohne sie zu verletzen; auch seien ihm Fälle des Aufwachsens der Sohle (*rising of the hearth*) bis über die Formen vorgekommen, so dass zur Erhaltung des Betriebes eine höhere Formenreihe hätte eingelegt werden müssen, und dennoch habe man nach Wiederabschmelzen der Sohle die ersten Formen unbeschädigt vorgefunden. Das Aufsteigen des Roheisens und das Anwachsen der Sohle bis über die Formen sind übrigens Dinge, welche bei einem gut geleiteten Hochofen nicht vorkommen dürfen und bei gehöriger Aufmerksamkeit des Betriebsbeamten stets zu vermeiden sind.

In allen solchen Fällen sind gusseiserne Formen am schlechtesten, da sie, wenn die Verletzung einige Tiefe erreicht, leicht ganz zerspringen. Im Uebrigen kann über die Dauer der Formen allein die praktische Erfahrung zum Anhalte dienen.

Eigentliche Gasexplosionen. Während die meisten der in Hochöfen vorkommenden Explosionen Wasserdämpfen zuzuschreiben sind, so treten doch zuweilen auch eigentliche Gasexplosionen auf.

Sauvage [4]) berichtet von fünf Explosionen in Hochöfen des Ardennen-Departements in Frankreich, von welchen er zwei genauer beschreibt. Die eine fand auf einer Hütte bei Mézières statt, die andere zu [...]e in demselben Bezirke.

Die erste trat eine halbe Stunde nach dem Abstich ein. Unter starker Detonation drangen Gase, Schlacken und Eisen aus dem Vorherde und tödteten zwei Arbeiter, drei andere wurden stark verletzt. Der Ofen ging vorher sehr unregelmässig, und es fand häufig ein plötz-

[1]) Lange gebrauchte Formen zeigen oft auffallende Regelmässigkeit in ihrer Abnutzung, meist ziemlich scharfe, der Rüsselfläche parallele Einschnitte, welche an der Oberkante der Form am tiefsten sind und sich nach den Seiten zu allmälig verflachen, am unteren Rande aber ganz fehlen. — [2]) So z. B. zu Dundyvan [...]0. — [3]) In dem bereits citirten Briefwechsel mit Percy. — [4]) Ann. des Min., sér. 19, p. 167, 1841.

liches Niederstürzen der Massen im Hochofen statt, worauf dann Gasstrom aus der Gicht drang. Man pflegte durch mehrere über einan gelegene Stichöffnungen das Eisen nach und nach aus dem Ofen zu las Das Eisen floss gut aus der mittleren und unteren Oeffnung. Als i die mittlere schliessen wollte, trat noch einmal ein Eisenstrom aus. man eine Viertelstunde später neue Gichten gab, bemerkte man aus S ten am ganzen Hochofengemäuer, auch neben der Form, blaue Flam dringen. Die Form wurde dunkel, und als der Hochofenmann sie seiner Brechstange reinigen wollte, kam ihm ein starker Strom entge Er eilte zur Schütze, um das Gebläse abzustellen, als die Explo erfolgte.

Zu Fade, wo, wie auf den meisten Hochöfen dortiger Gegend, ne Holzkohlen gedörrtes Holz als Brennmaterial angewendet wurde, ging Hochofen unregelmässig und die Gichten sanken schneller nieder, als n neue aufgeben konnte. Eine Minute vor der Explosion fand ein Ausw aus der übrigens stets offenen Form statt. Die Gase, welche den Wi erhitzungsapparat umgaben und welche von der Gicht längs des Wi rohres bis nahe zur Form liefen, explodirten, und ein Gasstrom entwi unter dem Tümpel. Der Winderhitzungsapparat war erst kurz zu reparirt und wenige Tage wieder in Thätigkeit. Darauf begannen Au würfe aus der Gicht, welche etwa zwei Minuten dauerten. Der Ofe wurde dadurch fast ganz geleert. Zugleich drangen blaue Flammen a den Canälen und Rissen im Mauerwerk.

Als Grund nahm man in beiden Fällen an, es sei in Folge unregel mässigen Niederganges der Gichten eine Quantität unverkohltes Hol plötzlich in einen viel heisseren Theil des Ofens gelangt, aus demselbe habe sich dann mit einem Male eine grosse Masse Gas entwickelt, u dieses, eingeschlossen in den teigigen Materialien des Ofens, durch Ex pansion die Explosionen herbeigeführt.

Eine andere Explosion fand auf dem Hochofen zu Vanvey im Côte d'Or in Frankreich statt [1]). Hier wurde Holzkohle als Brennmateri angewendet, und das Gas durch eine Vorrichtung entzogen, welche z einem ungleichartigen Niedergange von Erz und Brennmaterial und dal zu einem Kippen der Gichten [2]) Veranlassung gab. Nach andauernde Unregelmässigkeit in dem Gange dieses Hochofens, welche sich dur häufige Ungleichförmigkeiten im Herabsinken der Gichten und gro Verschiedenheiten in der täglichen Production kund gab, wurden plötzl Roheisen und Schlacke, welche den Heerd füllten, mit grosser Gewalt a dem Vorheerde geschleudert. Drei Arbeiter, welche den Abstich vor reiteten, wurden stark beschädigt, einer starb. Man schrieb den Un dem plötzlichen Niederfall einer hängengebliebenen Masse von Materi lien zu.

Wenn man auch bei dem letztangeführten Falle in Zweifel sein ka

[1]) Ibid. pag. 179. — [2]) Siehe folgenden Abschnitt.

b nicht eine rein mechanische Verdrängung der flüssigen Massen aus lem Heerde durch plötzliches Niederfallen von Klumpen zusammengeinterter Erze oder ähnlicher Massen stattgefunden habe, so sind doch lie beiden anderen Fälle wohl wirklichen Gasexplosionen zuzuschreiben. Der Berichterstatter führt allerdings an, dass die Erklärung der Explosionen durch plötzliche Dampf- und Gasentwickelung aus einzelnen Holzstücken mehr Wahrscheinlichkeit für sich habe, als die Annahme, dass lurch Hängenbleiben der Gichten im Innern des Ofens Hohlräume entstanden seien, in welchen sich durch Ansammlung von unverbranntem Kohlenoxydgas und Hinzutritt von Luft ein explosives Gemisch gebildet habe; denn diese Mischung hätte doch vor der Entzündung sich vollziehen müssen und dann nur eine plötzliche Explosion, nicht aber deren mehrere hintereinander veranlassen können. Dies kann indessen nicht ganz zugegeben werden; denn die Luft konnte bei Mangel an glühenden Kohlen vor den Formen (die Formen waren ja dunkel) unzersetzt aufsteigen und sich mit den Hochofengasen mischen. Bei plötzlichem Niedergang der Gichten wurde das Gasgemenge erst in heisse Theile mitgerissen und explodirte dann, so oft ein mit demselben gefüllter Hohlraum zerstört wurde. Aehnliche Explosionen, obwohl nicht in so starkem Maasse, kommen bei Unregelmässigkeiten des Ofengangs öfter vor, bei regelmässigem Niedergang der Gichten hat man sie dagegen niemals zu fürchten.

Die Gegenmittel gegen Explosionen im Hochofen sind daher wesentich in einem geordneten Ofengange zu suchen und werden in dieser Beziehung erst durch das folgende Capitel vollständig erläutert werden.

Nicht ganz unberücksichtigt darf man übrigens den Umstand lassen, lass bei der Anwendung der Regenerator-Winderhitzungsapparate auch wohl eine Mischung von Heizgas und Luft schon in der Windleitung entstehen und dann in den Hochofen geblasen werden kann, während bei len üblichen Constructionen der übrigen Winderhitzungsapparate ein Vermischen unverbrannter Gase mit der Luft in den Röhren selbst bei Undichtigkeiten deshalb nicht zu fürchten ist, weil die Pressung des Windes immer eine höhere als die der Heizgase ist.

Explosionen in der Windleitung.

1859 fand auf Earl Granville's alter Eisenhütte, auf der Etruria-road in Hanley, eine heftige Explosion statt. Während die Arbeiter einen der Hochöfen abstachen, wurde die Maschine, welche den Wind durch den Erhitzungsapparat für die Oefen lieferte, angehalten. Man vergass entweder das Ventil, welches den Erhitzungsapparat und Regulator von den Düsen absperrt, zu schliessen, oder dasselbe war nicht in Ordnung, kurz die Gase, welche sich im Hochofen angesammelt hatten, drangen durch Röhrenleitung und Ventil bis in den Regulator und explodirten, als sie im Erhitzungsapparat heiss wurden, mit schrecklicher Gewalt. Der Regulator und ein Theil der Maschine wurden fast zu Atomen zerschmettert und

Bruchstücke derselben in allen Richtungen viele hundert Meter fortgeschleudert; das dreistöckige Maschinengebäude wurde bis zu seinen Fundamenten erschüttert und ein Theil der Wandungen und des Daches zerstört. Man hörte die Explosion eine halbe Meile weit, und die Erde bebte in der Nachbarschaft [1]).

Von Dowlais-Hütte berichtet der Director Menelaos [2]), dass die Arbeiter angewiesen seien, beim Anhalten der Gebläsemaschine sofort die Düsen aus den Formen zu ziehen, um alle Communication zwischen Windleitungen und Ofen abzuschneiden, dass aber, wenn dieser Anordnung nicht Folge geleistet werde, stets eine Explosion in Folge des Zurücktretens der Gase befürchtet werden müsse, wie denn auch in der That in Dowlais durch diese Versäumniss innerhalb 10 Jahren zwei Regulatoren, ein Strang von 5 füssigen Röhren [illegible]rt, der Cylinderdeckel einer 12-füssigen Gebläsemaschine abgeworfen und ein Theil der Maschine beschädigt worden sei. Es seien zur Verhinderung der Folgen solcher Explosionen in die Hauptwindleitungen in Abständen von wenigen Fussen Löcher von circa 6 Zoll (16 Cent.) Durchmesser gehauen worden, welche mit Ventilklappen versehen seien. Diese Ventile öffneten sich nach innen, sobald die Gebläsemaschine zu gehen, also auch die Windpressung aufhöre. Trotz alledem kämen noch immer zuweilen kleine Explosionen vor.

Diese Angaben bedürfen nur weniger Zusätze. Veranlasst werden solche Explosionen stets durch Zurücktreten der Hochofengase, welche ja in der Nähe der Form vorwiegend aus Kohlenoxyd bestehen, in die mit Luft angefüllte Windleitung während des Stillstandes der Gebläsemaschine und die Entzündung des explosiven Gemenges. Die Entzündung findet fast immer in den Winderhitzungsapparaten, selten durch Rückschlag vom Hochofen aus beim Wiederanlassen des Gebläses statt.

Das Herausziehen der Düsen aus den Formen beim Abstellen des Gebläses, welches wie in Dowlais, so auch auf vielen anderen Hüttenwerken als Schutz gegen derartige Explosionen vorgeschrieben wird, ist ebenso lästig als zeitraubend, ja zuweilen unausführbar, da man bei neueren Hochöfen die Düsen oft gar nicht beweglich anlegt. Einfacher ist der Verschluss der Düsen durch Ventile, welche ohnedies an jeder Düse angebracht sein müssen. Da ein solcher Abschluss indessen bei dem regelmässigen Abstellen des Gebläses zur Abstichzeit zwar rechtzeitig geschehen, bei unvorhergesehenen Unterbrechungen, z. B. Brüchen an der Gebläsemaschine, aber leicht übersehen oder zu spät ausgeführt werden kann, so ist es am zweckmässigsten, in der Windleitung zwischen Winderhitzungsapparat und Düse wenigstens ein nur durch den Druck des Windes geschlossen gehaltenes Ventil einzuschalten. Ein solches Ventil lässt sich zudem in Form einer um ein horizontales Charnier drehbaren Klappe in einem der Leitung eingefügten besonderen Kasten leicht so anbringen, dass dasselbe, sobald es beim Abstellen des Windes sich öffnet, d. h. sobald es aus der

---

[1]) Times, 25. Mai 1859. — [2]) In dem Briefwechsel mit Percy.

horizontalen Lage in eine verticale Stellung übergeht, zugleich die Fortsetzung der Windleitung verschliesst. Es können dann die Gase aus der nunmehr unverschlossenen Oeffnung ins Freie austreten, und nicht weiter rückwärts in die Winderhitzungsapparate gelangen.

Vergiftung durch Hochofengase.

Hochofengase sind nicht athembar, da kein freier Sauerstoff darin vorkommt; aber sie enthalten auch wirklich giftig wirkende Bestandtheile, nämlich Kohlenoxyd und theilweise Cyan.

Bei dem gewöhnlichen Gange eines Hochofens kommt es zwar nicht vor, dass Arbeiter in diesen Gasen beschäftigt sind, zuweilen aber entweichen die Gase an Stellen, wo man es nicht erwartet, und führen bei längerem Aufenthalte darin den Tod, bei kürzerem Verweilen aber Uebelkeit, Kopfschmerz und ähnliche Krankheitserscheinungen herbei.

Im Jahre 1853 ereignete sich eine derartige Vergiftung in England auf der zwischen Rotherham und Barnsley gelegenen Elsecar-Eisenhütte. An einen der Hochöfen dieses Werkes grenzt eine Reihe Arbeiterhäuser, deren letztes, dem Hochofen zunächst gelegenes von einer 53jährigen Frau, ihrer 19jährigen Tochter und ihren 15- und 12jährigen Söhnen, sowie von einem 48jährigen Einlieger bewohnt wurde. Bis auf den 12jährigen Sohn Benjamin, welcher auf der Hütte beschäftigt war, fanden alle Hausbewohner den Tod durch Hochofengase in ihren Betten.

Als dieser Benjamin von der Nachtschicht nach Hause kam, fand er seine Angehörigen todt, die Räume aber mit weissem Dampf und dem Geruche nach Schwefel angefüllt. Auf die Hülferufe des unglücklichen Knaben eilten mehrere Personen herbei und bemerkten noch weissen Dampf durch Spalten in der Wand des Hauses eindringen. Diese Wand stiess theils direct, theils durch ein Gewölbe getrennt, an den Hochofen, übrigens aber lag das Niveau, auf welchem das Haus stand, 20 Fuss über dem des Hochofens.

Bei der gerichtlichen Untersuchung nahm der zugezogene Chemiker Haywood von Sheffield Vergiftung durch Cyankalium an, theils aus dem Geruche schliessend, welchen der aus einer Spalte des Hochofens durch die Risse des Hauses eindringende Dampf zeigte, theils weil brennbare Gase, wären diese die Ursache gewesen, an dem alle Nächte im Hause brennenden Feuer sich entzündet haben müssten. Dieser Ansicht schloss sich auch die Jury an. Anderer Ansicht war der Arzt Dr. Taylor [1]). Er nahm Vergiftung durch Kohlenoxyd in Verbindung mit dem Stickstoff der ihres Sauerstoffs beraubten Luft an, und zwar aus dem Grunde, weil Cyankalium, welches sich nur in den unteren Theilen des Hochofens bilde,

---

1) Medical Jurisprudence by Alfred S. Taylor, M. D., F. R. S., 2nd ed. p. 715.

ur bei Weissgluth flüchtig sei und daher nicht mit fortgeführt werden könne, ohne sich zu condensiren. Dem lässt sich indessen entgegensetzen, dass, wie aus zahlreichen Fällen [1]) bekannt ist, auch feste Salze im fein vertheilten Zustande weit fortgeführt werden.

Andererseits ist auch gegen den von Haywood geführten Beweis einzuwenden, dass selbst Luft, welcher so wenig Kohlenoxydgas beigemengt ist, dass darin noch ein Licht ruhig fortbrennt, tödtlich wirken kann.

Die von Aerzten in dieser Beziehung angestellten Versuche beweisen solches hinlänglich. Dr. Christison's Experimente an Menschen [2]) zeigten, dass das Einblasen von Sauerstoff in die Lungen das beste Gegenmittel sei. Nach Leblanc zerstört Luft mit 4 bis 5 Proc. ihres Volumens an Kohlenoxyd sofort, solche mit 1 Pr[illegible] etwa zwei Minuten das Leben eines Sperlings. Plötzliche Entfernung aus dieser Atmosphäre in frische Luft führt, wenn sie im Augenblicke des scheinbaren Todes erfolgt, meist wieder Leben zurück, obwohl oft noch mehrere Stunden die Symptome des Starrkrampfes andauern [3]).

Leblanc fand, dass eine durch Verbrennung von Holzkohle tödtlich gewordene Luft dem Gewichte nach zusammengesetzt war aus

Kohlenoxyd	0,54
Sumpfgas	0,04
Kohlensäure	4,61
Sauerstoff	19,19
Stickstoff	75,62
	100,00

In solcher Luft fiel ein Hund in 10 Minuten nieder und starb in 20 Minuten, obwohl eine Kerze mit unverminderter Helligkeit darin brannte und erst 10 Minuten nach dem Tode des Thieres verlosch. Leblanc schrieb übrigens in diesem Falle der Kohlensäure den grössten Einfluss zu. Nach Bernard's Erfahrungen [4]) ist bei Vergiftung der Luft durch Verbrennung von Holzkohle Kohlenoxyd das wesentlich lebenzerstörende Agens.

Man sieht also, wie gefährlich in allen Fällen die selbst in geringer Menge der Luft beigemengten Hochofengase wirken müssen, auch dann, wenn sie kein Cyankalium, sei es flüchtig, sei es mechanisch mitgeführt, enthalten, und zwar dass sie schädlich wirken nicht nur durch ihren Mangel an freiem Sauerstoff, sondern als directes Gift.

Wir führen noch einige Beispiele von derartigen Vergiftungen an:

---

[1]) Im Laboratorium Natronreactionen aller Flammen beim Verbrennen von Natrium an irgend einer Stelle, Forttragen des Seesalzes auf weite Strecken ins Land u. s. w. — [2]) A Treatise on Poisons. By Robert Christian, M. D., Dublin 1836. — [3]) Recherches sur la composition de l'air confiné. Par M. Félix Leblanc, Annal. de Chim. et de Phys. 3, s. p. 239, 1842. — [4]) Leçons sur les Effets des Substances Toxiques et Médicamenteuses. Par M. Claude Bernard, Membre de l'Institut de France 1857, p. 157.

Der bekannte Ingenieur der Dowlais-Eisenhütte, Truran, verlor sein
eben auf folgende Weise:

Vor den alten Hochöfen daselbst befindet sich eine Schlackenhalde
Cinder-tip) aus frühester Zeit. Durch dieselbe wurde ein grosser Canal
on Ziegeln für die Gichtgasleitung gebaut, da ein solcher sich als billi-
er wie eine Röhrenleitung herausstellte. Truran's Bureau war über
ieser alten Schlackenhalde, etwa 10 bis 15 Meter seitwärts von dem
euen Canale gelegen. Wenige Tage, nachdem das Gichtgas durch den
anal geleitet worden war, ging Truran in sein Bureau. Als er am
bend nicht nach Hause kam, suchte man ihn auf und fand ihn im Bureau,
ffenbar beim Ansehen von Zeichnungen vom Stuhle gefallen, todt am
Boden. Der Geruch nach Gas war deutlich wahrnehmbar, und die At-
mosphäre des Bureaus so unangenehm, dass die hinzugerufene Jury schnell
wieder ins Freie eilen musste. Da die Puddelwerke etc., zu welchen das
Gas geleitet wird, unter dem Niveau der Hochöfen liegen, so stand das
Gas in den Canälen unter beträchtlichem Druck und entwich ohne Zweifel
durch das neue Mauerwerk und die lockeren Schlacken ins Bureau, ob-
chon sich dort wenig oder gar keine Risse zeigten.

Nach Sandberg sind in Schweden mehrfache Fälle von Vergiftun-
en vorgekommen, unter anderen ein Fall zu Ed in Småland im Jahre
856. In Folge eines schadhaft gewordenen Ventils entwich unverbrann-
es Gas aus der Gicht eines mit Gichtgas betriebenen Röstofens. Einer
er Aufgeber wurde davon betäubt und fiel sammt seinem Gefässe in den
fen, ein zweiter Aufgeber, der dies nicht bemerkt hatte, entlud seinen
arren noch auf jenen, wurde aber gleichfalls vom Gase betäubt und todt
n der Gicht gefunden. Ein dritter wurde zwar auch davon afficirt, genas
ber in Folge schleunigen ärztlichen Beistandes.

Man soll daher besonders darauf achten, dass bei Apparaten, in wel-
hen zur Heizung Gase verwendet werden und an welchen Arbeiter beim
usgange der benutzten Gase beschäftigt sind, z. B. also bei Rostöfen,
alkbrennöfen u. dergl. m., niemals unverbrannte Gase entweichen, und
chon aus diesem Grunde ist es nothwendig, an der Hochofengicht Abzüge
ür überschüssige Gase anzubringen, welche zudem auch für die Be-
euchtung der Gicht bei Nachtzeit dienen können.

Den Gichten der mit Gasfängen versehenen Hochöfen entströmt beim
effnen und Aufgeben unverbranntes Gas, welches die Aufgeber oft be-
äubt. Das Gas muss daher, wenn man nicht eines beständigen Abzuges
icher ist, beim Oeffnen des Verschlusses stets angezündet werden, obschon
in solches Verfahren im Uebrigen für die Gasentziehungsapparate nicht
ortheilhaft ist.

Kennzeichen und Gegenmittel gegen Vergiftungen durch Hochofengase.

Da trotz aller Vorsichtsmaassregeln durch unvorhergesehene Unfälle Vergiftungen durch Hochofengase vorkommen können, ist es nothwendig, dass der Hüttenmann wisse, wodurch die Vergiftung entstanden und welche Gegenmittel er anzuwenden habe, falls der Tod noch nicht eingetreten ist. Wir theilen deshalb über die Symptome und die Gegenmittel bei Vergiftungen durch die beiden wesentlichsten Gifte in den Hochofengasen, Kohlenoxyd und Cyankalium, folgende durch die Güte des Herrn Dr. med. V. Schmeidler zu Breslau uns zugegangenen Beobachtungen und Erfahrungen mit.

1. Kohlenoxydgas.

Kohlenoxydgas bewirkt hauptsächlich die Erscheinungen der Erstickung, d. h. des mangelnden Sauerstoffs im Blute, da es in den Lungen mit dem Körperblute eine chemische Verbindung eingeht (nicht bloss eine mechanische wie die Kohlensäure) und den Sauerstoff aus dem Blute verdrängt. Ein Beweis für diese chemische Verbindung ist unter Anderem die lebhaft hellrothe Farbe des Blutes bei den Leichen der mit Kohlenoxydgas Vergifteten, während eine einfache Erstickung durch Kohlensäure oder andere Ursachen das Blut immer dunkel gefärbt erscheinen lässt. Diese chemische Verbindung mit dem Blute erklärt die langsame Einwirkung des Gases, die zugleich für den Betroffenen oft eine unmerkliche ist, und ebenso die langsame Genesung der dadurch Vergifteten.

Symptome in leichteren Fällen: Eingenommenheit des Kopfes, heftige Kopfschmerzen verbunden mit Uebelkeit, Ekel und zuweilen Erbrechen, Schwindel, Ohrensausen, Trübsehen und allmälig zunehmende Beklemmung und Athemnoth, auch Herzklopfen. Das Gesicht ist oft geröthet und der Puls zuweilen beschleunigt. Der Kranke empfindet eine Schwere in allen Gliedern.

In schwereren Fällen liegen die Kranken bewusstlos oder doch in tiefem Schlafe da, aus dem sie kaum zu erwecken sind. Die Athemnoth nimmt zu, der Herzschlag wird allmälig immer schwächer, und der Tod tritt entweder ganz allmälig unter langsamer Abnahme aller Lebenserscheinungen schlafähnlich ein, oder es gehen demselben Krämpfe und Zuckungen, sowie unwillkürliche Ausleerungen vorher.

Zu bemerken ist, dass selbst nach Zuführung von frischer Luft und scheinbar leichter Besserung eine schlimme Wendung wieder eintreten kann, indem die Kräfte des Kranken nicht mehr ausreichen, um diese Vergiftung seines Blutes zu überwinden.

Gegenmittel. Die Hauptsache ist die Zuführung von frischer Luft, da nur das reichliche Einathmen derselben das Kohlenoxyd wieder

dem Blute vertreiben kann. Die erste Maassregel muss daher immer den Verunglückten aus der schlechten Atmosphäre in möglichst frische zu bringen. Man löse ihm alle Kleidungsstücke von Hals und Brust. nun lebhaftere Athembewegungen hervorzurufen, wendet man mögt kräftige Reizmittel an, wie das Bespritzen mit kaltem Wasser, :e Begiessungen, namentlich auch auf den Kopf, Hautreize durch teig, Frottiren mit wollenen Lappen u. s. w.; innerlich giebt man ·ken Kaffee, Salmiakgeist (Liquor Ammonii caustici) zu 15 bis Tropfen in Wasser oder schleimigem Getränke; womöglich elektrisire die Brustmuskeln, um die Athembewegungen kräftig zu machen. ein Laboratorium in der Hütte, so wird man, nach Percy, auf Wer- bei deren Ausdehnung öfters solche Fälle eintreten können, Sauer- in Kautschukblasen vorräthig halten, um diesen den Verunglückten ie Lungen blasen zu können.

Unter dieser Behandlung kann der Kranke wieder zu sich kommen; lagt dann meist noch über heftige Kopfschmerzen, Uebelkeit und mnoth. Ist die grösste Gefahr vorüber, so giebt man säuerliche änke und macht kleinere oder grössere Blutentziehungen, wodurch die gestionen nach Kopf, Brust etc. beseitigt werden. — Erfolgreich, aber ierig, ist die sogenannte Transfusion, d. h. die Uebertragung von eines gesunden Menschen in die Adern des Kranken.

2. Cyankalium.

Die Vergiftung durch Cyankalium erfolgt durch frei werdende Blau-e. Auch diese zeigt in ihrer Wirkung hauptsächlich Erstickungs-heinungen, aber nicht indem sie sich mit dem Blute verbindet und Sauerstoff aus demselben vertreibt, sondern indem sie lähmend auf Nervensystem wirkt und in Folge dessen namentlich auch die Thätig- der Athemmuskeln hemmt. Die Wirkung ist eine viel schnellere, nach überwundener Gefahr auch die Genesung eine schnellere.

Symptome: Eine rasch zunehmende Athemnoth mit Schwin- es folgen bald Anfälle von krampfhaften Zuckungen, die Pu- en erweitern sich, blutiger Schaum tritt vor den Mund, der Puls l klein und sehr häufig, die Haut kühl; dann folgt tiefer Schlaf Bewusstlosigkeit, und der Tod tritt nach Minuten oder wenigen den ein; zuweilen jedoch erholen sich auch die Kranken, indem der und das Athmen allmälig freier werden.

Gegenmittel: Brechmittel, wenn das Gift nicht bloss eingeathmet, ern auch eingenommen, also z. B. als Staub verschluckt ist; dann als tiges Gegengift das vorsichtige Einathmen von Chlorgas, 1 Theil Chlori mit 4 Theilen Wasser gemischt, zum Einathmen vor Mund Nase gebracht. Auch innerlich wird Chlorwasser mit Wasser ver-t, esslöffelweise, oder, wie oben, Liq. Ammon. caustic. (Salmiakgeist) s 20 Tropfen in schleimigen Getränken gegeben. Sehr wichtig sind

ferner kalte Uebergiessungen des Kopfes, auch Blutentziehungen und kräftige Hautreize.

3. Vergleichung beider Vergiftungen.

Bei 1. ist die Wirkung eine langsamere, demgemäss auch die Genesung eine langsamere. Bei 2. dagegen erfolgt die Wirkung rasch, aber nach beseitigter Gefahr auch die Genesung rasch.

Charakteristisch für 1. ist der heftige Kopfschmerz, die Uebelkeit, die Neigung zu Schlafsucht und Bewusstlosigkeit.

Bei 2. dagegen treten mehr die nervösen Erscheinungen in den Vordergrund: Krämpfe, Erweiterung der Pupillen, Schwindel etc. Der Verlauf ist ein stürmischer.

Ein absolutes Kriterium für die Vergiftung durch Kohlenoxydgas giebt es wenigstens beim Lebenden nicht, da die Erstickung durch Kohlensäure ähnliche Symptome zeigt, und mit dem Kohlenoxydgas doch meist zugleich Kohlensäure und Kohlenwasserstoff eingeathmet wird. In der Leiche zeigen sich im Wesentlichen die Erscheinungen von Erstickung, nur ist hier allerdings die hellrothe Farbe des Blutes für Kohlenoxydgas entscheidend, während das Blut eine dunkle Farbe bei Todesfällen zeigt, welche durch Einathmen von Kohlensäure herbeigeführt werden [1]).

Bei Blausäurevergiftungen soll sich zuweilen ein Geruch nach Blausäure im Athem, respective im Blute des Kranken zeigen. Das Blut der Leiche erscheint dunkel und dünnflüssig; Erstickungserscheinungen walten auch hier vor.

Färbung der brennenden Hochofengase.

Die Hochofengase zeigen bei ihrer Verbrennung eine Flamme, deren wesentliche Färbung einestheils durch das Kohlenoxydgas, anderentheils durch die darin suspendirten festen Körper bedingt ist.

Kohlenoxydgas verbrennt bekanntlich mit einer röthlich-blauen Flamme. Diese Farbe ist daher vorherrschend in den Flammen der Hochofengase, wo diese auch aus dem Ofen entweichen mögen.

Früher liess man allgemein die Gase an zwei Stellen des Ofens frei an die Luft treten und verbrennen, es war dies am Tümpel (Tümpelflamme) oder bei Blauöfen am Lichtloche (Lichtlochflamme), und an der Gicht (Gichtflamme). Seitdem aber die Benutzung der Gichtgase allgemein geworden und die Einsicht Fuss gefasst hat, dass die Tümpelflamme einer Gas- und Wärmeverschwendung gleich zu achten ist, sieht man an

[1]) Nach Bernard (vergl. S. 390) sind Convulsionen bei Erstickungen durch ...ure die Regel, bei Vergiftungen durch Kohlenoxyd die Ausnahme.

regelrechtem Gange überhaupt keine Flammen mehr. Es hat
lie Möglichkeit aufgehört, nach der Färbung und Beschaffen-
'lammen den Gang des Hochofens zu beurtheilen.
uptkennzeichen war stets die geringere oder grössere Hellig-
nme, herrührend von der geringeren oder höheren Tempera-
in ihr herrschte, und dem Grade des Glühens der darin
Körper. Eine weisse Flamme deutete daher auf sehr hohe
(Uebergaargang), eine rothe auf niedrige (Rohgang).
Gang des Hochofens (Gaargang) wurde durch mittlere
r Flamme angezeigt.

amme. Die durch verbrennendes Kohlenoxydgas und Wasser-
irbte Flamme ist an sich durchsichtig. Viel Wasserdampf
en graulichen Anschein und macht sie undurchsichtig. Koh-
fe geben in grösserer Menge beigemengt gelbrothe Färbung,
Blau ganz zurückdrängt. Das Blassviolett der Kaliflamme
lich bei Holzkohlenhochöfen sowohl in der Gicht-, als nament-
Tümpelflamme leicht von dem weniger röthlichen Blau des
ases unterschieden. Beim Aufgeben von Brennmaterial, na-
Holzkohlen, färbt sich die Gichtflamme in Folge der Ein-
n schwach glühenden Kohlenpartikelchen in dieselbe und
nlasster Abkühlung intensiv roth. Zinkoxyd färbt die Flamme
s. Nach Kerl[1]) wird sie durch Bleioxyd gelblichweiss, durch
Eisen (bei Rohgang) gelblich oder röthlich gefärbt.
eristisch und von Einfluss auf das Aussehen der Flamme ist
derselben. Der Rauch besteht, wie S. 353 u. f. gezeigt, zum
il aus Alkalien. Diese zeigen sich bei hoher Temperatur
ng) am reichlichsten, bei gewöhnlicher Temperatur (Gaar-
ringer Menge, bei kühler Temperatur (Rohgang) gar nicht.
rze geben stets einen gelben Rauch, der bei grösserer Ent-
Ofen weiss wird[2]). Dieser Rauch nimmt bei kühler Tem-
da dann die Condensation näher der Gicht stattfindet, und
assere Färbung[3]).

lflamme. Die Kennzeichen, welche die Tümpelflamme für
g liefert, sind ähnliche; jedoch ist hierbei zu beachten, dass
für den unteren Theil des Ofens maassgebend sind. Eine
leicht zu unterdrückende Tümpelflamme ist daher, namentlich
k dampft, und bei zinkischen und bleiischen Erzen die beim
dieser Metalle auftretenden Färbungen deutlich erkennen
nzeichen von Rohgang im Ofen, bei welchem der Wind und
indert sind, mit der erforderlichen Geschwindigkeit aufwärts

Hüttenkunde I, 306. — [2]) Zinkoxyd ist nämlich in der Hitze gelb,
veiss. — [3]) Vergl. Karsten, Eisenhüttenk. III, S. 177.

zu steigen [1]). Ein rother Rauch deutet auf verbrennendes Eisen und starken Rohgang.

Analyse der Hochofengase.

Zur Untersuchung von Gasgemengen kann man sich zweier Wege bedienen, deren einer, der eudiometrische, sich auf Volumenbestimmung stützt, während der andere sich auf Gewichtsbestimmungen gründet. Da man die Analyse nur in den seltensten Fällen direct am Hochofen wird vornehmen können, sondern einen Transport der aufgefangenen Gase zum Laboratorium nöthig hat, so ist an sich die eine wie die andere Methode anwendbar; da aber in Folge des Gehaltes an Kohlenwasserstoff in den Hochofengasen die zweite Methode eine nicht unwesentliche Fehlerquelle in sich birgt, so hat man, seit Bunsen auf die letztere aufmerksam gemacht hat, stets die eudiometrische Methode gewählt.

1. Entziehen der Gase.

Zum Entziehen der Gase bedient man sich am besten schmiedeiserner Röhren. Gute gezogene Leuchtgasleitungsrohre erfüllen gewöhnlich ihren Zweck bis auf bedeutende Tiefen. Man schraubt beim allmäligen Niedersinken ein Stück an das andere an und setzt, sobald das Ende des Rohrstranges die gewünschte Tiefe erreicht hat, oben ein Kniestück an, welches man wieder mit einem Bleirohre in Verbindung bringt, um mittelst des letzteren das Gas an den zum Auffangen der Gase bestimmten Ort zu leiten. Um gleichzeitig aus verschiedenen Tiefen des Ofens Gase zu erhalten, verbindet man, wenn der erste Rohrstrang bis zu einer gewissen Tiefe eingesunken ist, mit demselben einen zweiten u. s. f., bis man eine grössere Zahl von Röhren zu einem Bündel vereinigt hat. Das Anschrauben neuer Stücke ist in diesem Falle allerdings nicht ganz leicht. Die Arbeiten, namentlich auch das Herausziehen der Röhren nach dem Gebrauche, können durch Anbringung zweckentsprechender Flaschenzüge über der Gicht etc. sehr erleichtert werden. Behufs der Entziehung von Gasen aus den unteren Theilen des Hochofens, oder überhaupt aus der Nähe der Wandungen führt man die Röhren durch das Mauerwerk ein und steckt dann wohl eiserne und Porzellanröhren in einander, oder wendet nur Porzellanröhren an, wie dies in den Bemerkungen zu den Analysen mehrfach geschildert worden ist.

2. Auffangen der Gase.

Man fängt die Gase meistentheils in dem Zustande auf, in welchem sie aus dem Hochofen treten, hin und wieder aber trocknet man sie auch

[1]) Karsten, Eisenhüttenk. III, S. 178 u. 179.

as letztere Verfahren hat insofern Bedeutung, als man dadurch
t im Ofen bestimmen kann, bis zu welchem unzersetztes Wasser

das Ende des Bleirohres wird der Auffangeapparat angesetzt.
t aus einem circa 18 bis 24 Millimeter weiten Glasrohre, wel-
an beiden Enden ziemlich fein ausgezogen hat. Auch giebt
Glasrohre mehrere Einschnürungen, so dass es einer sogenann-
lröhre ähnlich wird, um auf diese Weise mehrere Portionen
Gases sammeln zu können. Jede Abtheilung macht man circa
50 Millimeter lang. Soll das Gas getrocknet aufgefangen wer-
haltet man zwischen Bleirohr und Glasröhre ein Chlorcalcium-

lässt erst einige Zeit das Gas durch das Leitungsrohr strömen,
len Auffangungsapparat anschliesst, was in den meisten Fällen
hsten durch ein Gummirohrstück geschieht, welches mit einem
hn versehen ist.

man wegen zu hoher Temperatur der Gase kein Gummirohr
, so muss das eiserne oder bleierne Endstück des Leitungsrohres
metallenen Hahne versehen sein.

ersteht sich von selbst, dass bei der Auffangung des Wasser-
n einem Chlorcalciumrohre die Gase nicht vorher bis unter 100°
sein dürfen, weil man sonst nicht deren vollen Wassergehalt
lorcalcium wiederfinden würde.

ie Verbindung des Apparates mit dem Leitungsrohre hergestellt,
an das Gas wiederum mehrere Minuten durchströmen, schliesst dann den Quetschhahn (beziehungsweise den Metallhahn im Rohre) und bläst nun mit einem Löthrohre, welches am besten direct mit der zugehörigen Lampe verbunden ist, wie Fig. 232 zeigt [1]), die Enden und die Verbindungsstellen der einzelnen Abtheilungen luftdicht zu.

Fig. 232.



Bunsen's Löthrohr.

Getrocknete oder trockene Gase kann man auch sehr zweckmässig in einem mit Lein- oder Baumöl gefüllten [2]) Gasometer auffangen; indessen gestatten die localen Verhältnisse nur selten die geeignete Aufstellung eines solchen.

---

st von Bunsen in seinen gasometrischen Methoden, 1857 S. 3, an-
. [2]) Das Gasometer kann auch mit Wasser gefüllt sein, auf dem eine
chwimmt, wenn man das Gas von oben einführt.

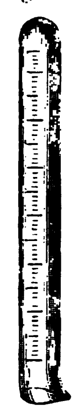
3. Analyse der Gase.

Die Analyse führt man entweder nach der von Bunsen c
von Regnault und Reiset angegebenen Methode aus [1]).

a. Bunsen's Methode [2]).

Hat man das Gas in einem Gasometer, so lässt man es au
in einzelnen Abtheilungen in eine mit Quecksilber gefüllte Abs
röhre treten; hat man es in zugeschmolzenen Glasröhren, so bri
das Gas dadurch in die Absorptionsröhre, dass man die eine Spi
Röhren im Quecksilberbade unter der Mündung der mit Queks
füllten Absorptionsröhre abbricht. Die Absorptionsröhre hat d
der Fig. 233, ist calibrirt und mit Millimetertheilung versehe
blasen, welche leicht zwischen dem Quecksilber
Glaswandung der Absorptionsröhre hängen bleiben,
durch Oscillationen der Quecksilbersäule mit der H
masse vereinigt werden [3]).

Fig. 233.



Absorptions-röhre.

Es werden sodann die nöthigen Beobachtun
Quecksilberstandes im Absorptionsrohre, des Ba
standes und der herrschenden Temperatur vermit
Fernrohres gemacht und rechtzeitig wiederholt.

Wasserdampf. Soll der Wassergehalt der
stimmt werden, so kann man dies sofort bei der Au
am Hochofen thun, wenn man zum Sammeln ein
meter von bestimmtem Inhalt und ein gewogen
calciumrohr anwendet. Dies empfiehlt sich bei all
mit höherem Wasserdampfgehalt. Bei geringeren
dampfgehalten nimmt man die Untersuchung zwe
erst im Laboratorium vor, und bestimmt den Was
entweder gleichfalls durch Chlorcalcium oder durch
Bestimmung des Wasserstoffs weiter unten angegebene Kochmeth

Trocknung der Gase. Waren die Gase nicht vorher ge
so geschieht dies jetzt durch Einführung geschmolzener Chlo
kugeln, wodurch allerdings gleichzeitig etwa vorhandene geringe
von Ammoniak mit absorbirt werden.

Kohlensäure. Aus dem trocknen Gase wird hiernach die l
säure durch Einführung von möglichst wasserhaltigen Aetzka
welche an einen Platindraht angeschmolzen sind, entfernt. Für

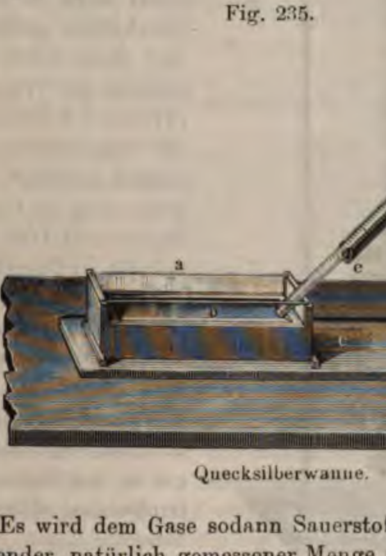
[1]) Vergl. Bunsen, Gasometrische Methoden, Braunschweig 1857, u
de chimie et de physique, 3 sér. 26, p. 329. — [2]) Vergl. Bunsen, o
Rinmann u. Fernquist, undersökningar etc. — [3]) S. Bunsen, Gaso
thode S. 39.

Iengen von Kohlensäure, wie sie in den Gasen nahe der Gicht auftreten, nd zwei, auch drei solcher Kugeln erforderlich. Die Operation erfordert ann eine sehr lange Zeit, zuweilen bis 24 Stunden.

Wasserstoff, Kohlenoxyd und Grubengas. Das so von Wasser- ampf und Kohlensäure befreite Gas wird nun in ein Verbrennungs- idiometer (Fig. 234) gebracht, welches in einer calibrirten und getheil- n, mit zwei Platindrähten zum Durchschlagen des elektrischen Funkens rsehenen Glasröhre von circa 22 Millimeter innerer Weite besteht. Zum eberfüllen des Gases in das Eudiometer bedient man sich der in Fig. 235 gebildeten Quecksilberwanne *a b*, während das Eudiometer auf einem :änder *c d e* befestigt ist.

Fig. 234.

Fig. 235.



Quecksilberwanne.

Es wird dem Gase sodann Sauerstoff und Luft in hinreichender, natürlich gemessener Menge zugeführt, um vollständige Verbrennung bei der folgenden Detonation zu veranlassen.

Da das erzielte Verbrennungsproduct mit Wasserdampf gesättigt sein muss, um die der vorhandenen Temperatur entsprechende Tension des Wasserdampfes beim Ablesen des Gasvolumens in Anrechnung bringen zu können, und da der Wasserstoffgehalt der Hochofengase dazu oft nicht ausreicht, so ist es zweckmässig, auch noch ein gemessenes Volumen Knallgas zuzuführen. Die Menge des zugesetzten Sauerstoffs lässt sich unter der Voraussetzung schätzen, dass das Volumen der nicht detonirenden Gase ungefähr doppelt so gross ist als das der detonirenden [1]).

'erbrennungs- eudiometer.

[1]) Nach Bunsen sollen auf 100 Vol. nicht brennbares Gas zwischen 20 und 4 Vol. brennbaren Gases kommen.

Das Knallgas stellt man am einfachsten durch Elektrolyse aus Wasser her.

Zur Bestimmung des durch die Verbrennung gebildeten Wassers bedient man sich des von Bunsen angegebenen in Fig. 236 abgebildeten Apparates. *A* ist ein eiserner Kessel, der zur Hälfte mit Wasser gefüllt ist, *cc* ein gläserner Cylinder, von dessen mit dem Abzugsrohre *o* versehenen Deckel *d* der zur Aufnahme des Eudiometers *e* bestimmte Träger *ff* herabhängt. Das Eudiometer wird in das zur Hälfte mit Quecksilber gefüllte Glas *i* gestellt und dann nebst dem letzteren vermittelst des Trägers *ff* in den Glascylinder *cc* gebracht, durch welchen der Dampfstrom vom Kessel *A* schnell aufsteigt und das durch die Detonation im Eudiometer gebildete Wasser auf 100° erhitzt, also vollständig in Dampf umwandelt.

Fig. 236.



Wasserdampfbestimmungs-Apparat.

Die Dampfmenge entspricht einestheils der Menge des Wasserstoffs, welchen die Gase enthalten hatten, anderentheils des im zugesetzten Knallgase vorhandenen Wasserstoffs und, bei Vorhandensein von Grubengas in den Gasen, auch der in dem Grubengase enthaltenen Wasserstoffmenge.

Nachdem das Volumen abgelesen ist, absorbirt man die durch die Detonation gebildete Kohlensäure durch Kalikugeln [1]).

Es kann Kohlenoxyd auch nach der ersten Kohlensäureabsorption durch Kupferchlorür, welches in Salzsäure gelöst ist, absorbirt werden.

Stickstoff. Das Gasgemenge enthält jetzt nur noch Sauerstoff und Stickstoff. Man setzt [2]) so viel Wasserstoff hinzu, dass das Volumen des nicht detonirenden Gases nahe gleich dem des detonirenden ist, und leitet den Funken hindurch.

[1]) Nach Rinmann soll man diese Operation nicht im Eudiometer ausführen, weil durch sie das letztere leicht beschmutzt wird; indessen ist doch die Umfüllung in das Absorptionsrohr eine schwierige und zeitraubende Operation, so dass man gut thut, lieber grössere Vorsicht bei der Einführung der Kalikugeln anzuwenden, aber das Gefäss nicht zu wechseln. — [2]) Nachdem man es, falls die vorhergehende Operation im Absorptionsrohre vorgenommen war, ins Eudiometer zurückgeführt hat.

Das gebildete Wasser wird, wie vorher, durch den Kochapparat bestimmt. Der Rest des Gases besteht nun in Stickstoff und dem zur Detonation nicht verbrauchten freien Wasserstoffe.

Oelbildendes Gas. Oelbildendes Gas wird in den Hochofengasen im Anfange der Analyse, nachdem die Feuchtigkeit und die Kohlensäure derselben absorbirt ist, bestimmt.

Man wendet zur Absorption desselben eine möglichst gesättigte, jedoch noch flüssige Lösung von wasserfreier Schwefelsäure in concentrirter wasserhaltiger an. Diese Lösung bringt man vermittelst einer Kokskugel in das trockene Gasgemenge und entfernt nach vollendeter Absorption des Elayls die im Eudiometer verbreiteten Schwefelsäuredämpfe vermittelst einer Kalikugel [1]).

b. Regnault's und Reiset's Methode.

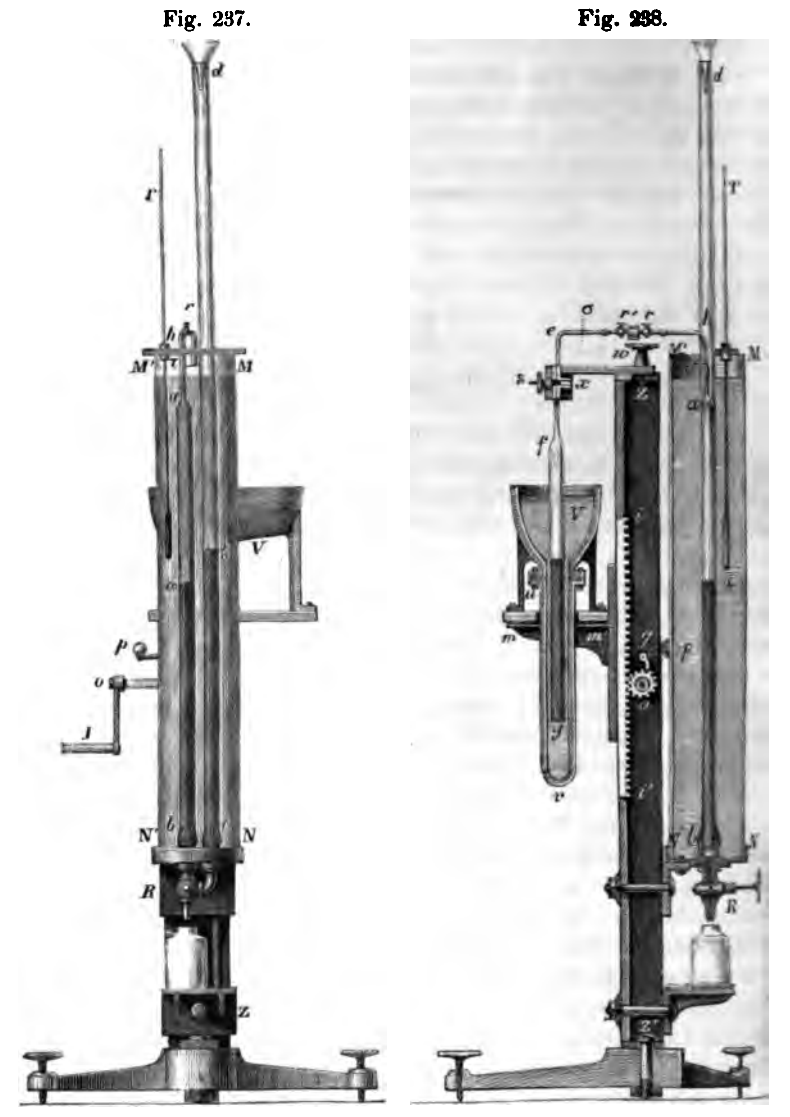
Das von Regnault und Reiset gebrauchte Instrument ist in Fig. 237 (a. f. S.) in Seitenansicht und in Fig. 238 in einem rechtwinklig dazu stehenden Durchschnitte abgebildet. *ab* ist das Maassrohr, welches durch ein Capillarrohr mit dem Hahne *r* verbunden ist und in welches in der Nähe des Halses zwei Platindrähte [2]) eingeschmolzen sind. In dem Maassrohre wird das Quecksilber stets auf einem bestimmten Zeichen (α) erhalten, so dass das Gas beim Ablesen immer ein gleiches Volumen einnimmt. *fg* ist das Arbeits- (Laborations-)rohr, welches ebenfalls durch ein Capillarrohr *e* mit dem Hahne *r'* verbunden ist. Arbeitsrohr und Maassrohr communiciren also mit einander durch *er'* einerseits und *hr* andererseits. Die Art der Verbindung der einzelnen Stücke ist in Fig. 242 (Seite 403) dargestellt. Das mit *r* bezeichnete Hahnstück passt in die conische Endigung des Rohres *a'b'* und wird in den in Ansicht und Durchschnitt gezeichneten Verschlussring *a''b''* gelegt und verschraubt. Das untere Ende *g* des Arbeitsrohres *fg* ist offen und steht in einer Quecksilberwanne *V*, die auf- und abwärts stellbar ist. Diese Wanne ist in oberer Ansicht in Fig. 240, in Seitenansicht in Fig. 241 (S. 403) besonders dargestellt. Ein drittes Rohr *cd* dient als Druckrohr. Es ist von unten nach oben in Millimeter getheilt. Vermittelst des Dreiweghahnes *R*, welcher in Fig. 239 (S. 403) für sich im Grundrisse dargestellt ist, kann die Verbindung zwischen Maass- und Druckrohr hergestellt oder abgeschnitten werden, ebenso die Verbindung zwischen jedem dieser Rohre und der äusseren Luft, wenn man das Quecksilber (in das darunter gestellte Gefäss) auslaufen lässt. *T* ist ein in zehntel Grade getheiltes Thermometer. Das Maassrohr, das Druckrohr und das Thermometer sind von einem mit Wasser gefüllten Gefässe *MM'NN'* umschlossen.

---

[1]) Bunsen, op. cit. S. 109. — [2]) Dieselben sind, soweit sie durch das Wasserbad gehen, mit Gummi überzogen.

Man misst das Volumen der Gase im Rohre $a\,b$ von dem am oberen Ende desselben befindlichen Nullpunkte an. Der untere Theil dieses

Fig. 237. Fig. 238.



Ansicht. Durchschnitt.

Regnault's und Reiset's Eudiometer.

Rohres ist mit Quecksilber angefüllt. Das Quecksilber im Druckrohr wird, wenn der Hahn R geöffnet, d. h. $a\,b$ mit $c\,d$ verbunden ist, gleich hoch, höher oder tiefer stehen, als das Quecksilber im Maassrohre, j

ach dem Drucke der Gase im Verhältniss zum Drucke der atmosphä-schen Luft. Man lässt nun aber stets so viel Quecksilber aus cd ab



Fig. 239. Dreiweghahn.
Fig. 240. Seitenansicht.
Fig. 241. Obere Ansicht.
Wanne.
Fig. 242. Anschlussstück mit Ring.

der füllt so viel Quecksilber von oben nach, dass das Quecksilberniveau n Maassrohre ab stets auf demselben Theilstriche steht. In Folge dessen iebt die Höhe der Quecksilbersäule im Druckrohre cd ein Maass für ie Veränderungen, welche das Gasvolumen in ab erleiden würde, wenn er Druck stets derselbe gewesen wäre. Da die Temperatur des Wassers, relches das Maassrohr umgiebt, stets gleich gehalten werden kann, so ist ine Temperaturreduction bei den Berechnungennicht nöthig.

Zum Ueberführen der Gase aus dem Rohre ab in das Rohr fg und mgekehrt hat man nur die Quecksilberwanne V auf- und abzuschieben. nbedeutende Ungenauigkeiten entstehen hierbei natürlich dadurch, dass dem Capillarröhrchen Gas bleibt, welches der Messung entgeht.

Kohlensäure. Das in derselben Weise wie bei der Bunsen'schen thode getrocknete Gas wird seiner Kohlensäure durch concentrirte lilösung beraubt, was in einigen Minuten geschieht, wenn man das s einige Mal zwischen Laborationsrohr fg und Maassrohr ab hin- und führt. Die Schnelligkeit dieser Absorption ist der grösste Vortheil bei Anwendung des Regnault-Reiset'schen Apparates und empfiehlt für praktische Controlversuche des Hochofenganges, während der nauigkeit der Resultate wegen für theoretische Speculationen sich der nsen'sche mehr eignet.

Kohlenoxyd, Wasserstoff und Grubengas. Das nach Entfer-ng der Kohlensäure zurückbleibende Gasgemenge wird nach dem Ab-en der Quecksilbersäule im Druckrohre cd wieder in das vorher ge-nigte Arbeitsrohr fg befördert, dort mit Sauerstoffgas, Luft und Knall-s gemengt, dann in das Maassrohr ab zurückgeführt, detonirt und ermals gemessen, um die Contraction zu bestimmen. Es wird darauf

im Arbeitsrohre die durch Detonation gebildete Kohlensäure mittelst Ka lauge absorbirt.

Kohlenoxyd kann auch nach der ersten Kohlensäureabsorpti durch Kupferchlorür absorbirt werden; das Kupferchlorür darf indes wegen der Angreifbarkeit der Metallhähne des Apparates nicht in Sa säure, sondern nur in Ammoniak, welcher mit etwas Salmiak versetzt gelöst sein.

Stickstoff. Stickstoff bleibt auch hier nach Detonation des Sau stoffs vermittelst Wasserstoffs, einschliesslich des zugesetzten überschü gen Wasserstoffs, übrig.

Vergleich der beiden gasometrischen Methoden.

Der Nachtheil der Bunsen'schen Methode besteht in der verhä nissmässig langen Zeit, welche sie erfordert, und in der Schwierigke welche das Umfüllen der Gase in verschiedene Apparate bedingt. D Nachtheil der Regnault-Reiset'schen Methode dagegen liegt in d geringeren Genauigkeit.

Die Zeit, die zur Analyse eines dem Hochofen entnommenen Ga gemenges im Regnault-Reiset'schen Apparate nothwendig ist, beträ nach eingehenden Versuchen von Rinmann und Fernqvist nur e Viertel bis ein Halb der Zeit, welche man bei Benutzung des Bunsen schen Apparates braucht.

Berechnung der Zusammensetzung von Hochofengasen.

Im Folgenden sollen mit den grossen Buchstaben des Alphabetes di aus der gasometrischen Analyse gefundenen Volumina bezeichnet werde welche das Gas bei 0° und 1 Meter Druck einnimmt, und welche sid ohne Schwierigkeit aus dem jedesmal abgelesenen Volumen, dem Bar meter- und Thermometerstande berechnen lassen, während mit den kle nen Buchstaben des Alphabetes die zum Zweck der Analyse zugefügte fremden Gasarten bezeichnet werden.

Ist A das Volumen des trocknen Gases, B das Volumen desselben nad Absorption der Kohlensäure, so ist $\frac{100(A-B)}{A}$ = dem Procentgehalt de Kohlensäure im Hochofengase.

Ist ölbildendes Gas vorhanden und bleibt nach dessen Absorptio das Volumen C, so ist $\frac{100(B-C)}{A}$ = dem Procentgehalt dieses Gase

Soll das Kohlenoxyd durch Absorption bestimmt werden und i kein ölbildendes Gas vorhanden, bleibt also nach der Absorption da Volumen D, so ist ebenso $\frac{100(B-D)}{A}$ der Procentgehalt an Kohlenoxy

Das Volumen C enthält noch Kohlenoxyd, Wasserstoff, Grubengas, ickstoff. Es wird das Volumen a an Sauerstoff und das Volumen b an nallgas hinzugelassen; das Gesammtvolumen wird hierdurch E, nimmt er nach der Explosion nur den Raum F ein, die Contraction beträgt her $E-F$. Auf 100° erhitzt ist das Volumen G, der Wasserdampf so $G-F$. Nach Absorption der durch Detonation gebildeten Kohlen-ure bleibt das Volumen H, das Volumen der Kohlensäure ist also $F-H$, nd das Gesammtvolumen von Kohlenoxyd, Wasserstoff und Grubengas $\frac{00\,(C-H)}{A}$.

$(G-F)$ Wasserdampf repräsentirt eben so viele Volumina Wasser-off.

Da zu dem Gasgemenge $\frac{2b}{3}$ Wasserstoff im Knallgase gesetzt worden ar, so gehört $(G-F)-\frac{2b}{3}$ Wasserstoff dem Gasgemenge selbst an. s möge dies Volumen mit I bezeichnet werden. Im Wasserdampf sind rner $\frac{(G-F)}{2}$ Sauerstoff enthalten und in der gebildeten Kohlensäure $-H)$ sind eben so viel Volumina Sauerstoff enthalten, also in Wasser-mpf und Kohlensäure zusammen $\frac{(G-F)}{2}+F-H$ Sauerstoff. Da $+\frac{b}{3}$ Volumina Sauerstoff von aussen zugeführt sind, so gehören den sen selbst $\frac{(G-F)}{2}+F-H-\left(a+\frac{b}{3}\right)=L$ Volumina Sauer-ff an.

Ferner sind in der Kohlensäure $\frac{(F-H)}{2}=K$ Volumina Kohlenstoff-mpf enthalten, welche dem Gasgemenge allein angehören.

Man kennt mithin die Volumina: K Kohlenstoffdampf,
L Sauerstoff,
I Wasserstoff

dem gleichfalls bekannten Gesammtvolumen von Kohlenoxyd, Wasser-ff und Kohlenwasserstoff.

Da nun der gesammte Sauerstoff L dem Kohlenoxyd angehören und her mit einem gleichen Volumen Kohlenstoffdampf verbunden sein ss, so ist $K-L$ Kohlenstoffdampf im Kohlenwasserstoff vorhanden wesen, und die Menge des Kohlenoxydes im Gasgemenge war $2L$ oder ocental $\frac{100\,.\,2\,.\,L}{A}$.

Da ferner $K-L$ Volumen Kohlenstoffdampf mit $4\,(K-L)$ Vo-men Wasserstoff zu Kohlenwasserstoff verbunden gewesen sein müssen, bleiben $I-4\,(K-L)$ Volumen unverbundener Wasserstoff für

das Gasgemenge übrig oder procental $\frac{100\,(I - 4\,[K - L])}{A}$, während sich schliesslich $2\,(K - L)$ Volumina oder procental $\frac{100 . 2\,(K - L)}{A}$ Volumina als leichtes Kohlenwasserstoffgas im Hochofengase ergeben.

Zu dem rückständigen Gasvolumen H, welches aus Stickstoff und Sauerstoff besteht, wird das Volumen M Wasserstoff zugelassen. Nach der Detonation ist das Volumen N, beim Kochen dagegen O. Es hat sich mithin $O - N$ Wasserdampf gebildet, welcher $\frac{O - N}{2}$ Sauerstoff enthält. $H - \frac{(O - N)}{2} = P$ ist daher der Stickstoffgehalt des Gasgemenges und $\frac{100 . P}{A}$ seine procentale Menge.

Hatte man ausser freiem Sauerstoffgas auch atmosphärische Luft vor der Detonation zugesetzt, so tritt die Menge des darin enthaltenen Sauerstoffs c der Grösse $a + \frac{b}{3}$ hinzu und kommt mit dieser in Rechnung $\left(a + \frac{b}{3} + c\right)$, während der in der Luft enthaltene Stickstoff d von P in Abzug gebracht werden muss, um die im Gase selbst enthaltene Stickstoffmenge zu erhalten.

Wenn, wie im Regnault-Reiset'schen Apparate, der Wasserdampf nicht durch Kochen bestimmt werden kann, so muss eine andere Rechnungsmethode angewendet werden, welche übrigens auch für die Bunsen'sche Methode in Anwendung kommt, im Falle man die Bestimmung des Wasserdampfes dort ebenso nur aus der Contraction ableiten, nicht direct durch Kochen bestimmen will.

Man berechnet zuerst den Stickstoffgehalt P der Gase aus der Contraction des mit Wasserstoff detonirten Gasgemenges H. Es blieb nach der Explosion mit M Wasserstoff das Volumen N. Folglich ist $(M + H) - N$ gleich dem Volumen des explodirten Wasserstoffs und $\frac{(M + H) - N}{2}$ gleich dem Sauerstoffgehalt des Gasgemenges H. Mithin ist $P = H - \frac{(M + H) - N}{2}$. Nach der Absorption der Kohlensäure und des ölbildenden Gases, wenn solches vorhanden war, hatte man das Gasvolumen $= C$ gefunden, mithin besteht $C - P = Q$ aus Kohlenoxyd, Wasserstoff und Grubengas. Nennt man x das darin enthaltene Grubengas, y das Kohlenoxyd, z den Wasserstoff, so bedarf man dreier Gleichungen, um die drei Unbekannten zu ermitteln [1]. Man kennt nur die Contraction des Gasgemenges nach der Explosion mit Sauerstoff. Diese vertheilt sich in der Art, wie die folgende Tabelle angiebt, auf die einzelnen Gasarten.

---

[1]) Vergl. Bunsen, Gasometr. Methoden S. 61.

1 Volumen Gas	Bestehend aus			Verbrennt m. Sauerst.					
	Kohlenstoff Vol.	Wasserstoff Vol.	Sauerstoff Vol.	für Kohlenstoff Vol.	für Wasserstoff Vol.	Zusammen Vol.	Summa Gas und Sauerstoff Vol.	Durch Verbrennung gebildete Kohlensäure Vol.	Mithin Contraction Vol.
rubengas	½	2	—	1	1	2	3	1	2
ohlenoxyd	½	—	½	½	—	½	1½	1	½
Vasserstoff	—	1	—	—	½	½	1½	—	1½

Die gemessene Contraction R ist darnach $= 2x + \frac{1}{2}y + 1\frac{1}{2}z$. 'erner ist der durch Absorption gefundene Kohlensäuregehalt dem Volu-ien nach gleich der Summe des Volumens des Grubengases und des 'olumens des Kohlenoxydgases, also $(F - H) = x + y$. Endlich ist ie Summe der drei Gase $Q = x + y + z$ bekannt, mithin lässt sich urch Elimination jede einzelne der drei Grössen x, y und z berechnen.

Im Uebrigen unterscheiden sich die Berechnungen bei beiden Metho-len wesentlich nur dadurch, dass die Reduction des Gasvolumens auf leichen Druck und gleiche Temperatur auf verschiedene Weise zu er-olgen hat, da bei der Bunsen'schen Methode das wirkliche Volumen er Gase, bei dem Regnault-Reiset'schen Verfahren aber die Höhe es Druckes zum Ausgange dient, welche zur Reduction des wirklichen olumens der Gase auf ein stets gleiches Volumen erforderlich ist.



. Die Veränderung der festen Materialien beim Hochofenprocess.

[N]achdem im ersten Capitel des Abschnittes über die chemischen [Vorgä]nge im Hochofen die Wirkungsart des in den Hochofen einströ[mende]n Windes, im zweiten Capitel die Veränderung des von jenem [erzeug]ten Gasstromes bei seinem Aufsteigen zur Gicht erläutert worden [ist, bl]eibt zuletzt noch übrig, die Veränderungen zu betrachten, welchen [die nie]dersinkenden an der Gicht in den Ofen gelangenden festen Ma[teria]lien unterworfen sind, um schliesslich in Roheisen und Schlacke [überge]führt zu werden.

[D]iese Materialien bestehen in Erzen, Zuschlägen und Brennmaterialien. [Alle d]rei Gattungen verändern sich beim Niedergange im Hochofen theils [in ihre]r chemischen Zusammensetzung, theils in ihrer physikalischen Be[schaffe]nheit. Es werden daher sowohl die chemischen, wie die mechani[schen] Veränderungen derselben ins Auge zu fassen sein.

[O]bwohl nun die Zusammensetzung der Erze bereits im zweiten [Theile] abschnitte der Eisenhüttenkunde [1]) erläutert worden ist, so genügt [doch d]ie dort erlangte Kenntniss nicht für alle Fälle zur Erklärung der [im Ho]chofen stattfindenden Veränderungen, weil die Erze nicht immer in [dersel]ben Beschaffenheit in den Hochofen gelangen, wie sie aus dem Schooss [der E]rde gefördert werden, sondern häufig einer Vorbereitung unter[liegen], welche sie geeigneter für den Hochofenprocess macht. Ferner ist [nöt]hig, sowohl die Natur der Zuschläge kennen zu lernen, welche dazu [diene]n sollen, mit den in den Erzen enthaltenen Verunreinigungen des [gewünsch]ten Eisens eine Schlacke zu bilden, als auch zu prüfen, in welchen [Verhä]ltnissen dieselben mit den Erzen zu mischen sind. Endlich müssen [auch d]ie Brennmaterialien mit besonderer Beziehung auf den Hochofen[proces]s betrachtet werden, wenn auch deren Beschaffenheit im Allgemeinen, [sowie] die Vorbereitungen, welche sie durch Verkohlung und Verkokung zu [erleide]n haben, schon aus dem ersten Bande des Werkes bekannt sind [2]).

[S]o entstehen zwei Hauptabtheilungen dieses Capitels, deren erste die [Vorbe]reitung der Materialien, also ihre Veränderungen ausserhalb des [Hochof]ens, deren zweite aber die Veränderung der Materialien im Hoch[ofen se]lbst zu erläutern haben wird.

---

[1]) Vergl. erste Abtheil. S. 269. — [2]) Vergl. Bd. I, S. 53.

I. Vorbereitung der Materialien.

A. Die Vorbereitung der Erze.

Die Erze werden auf dreifache Weise vorbereitet, ehe sie in den ofen gelangen: sie werden geröstet, ausgelaugt und einer mec schen Aufbereitung, namentlich einer Zerkleinerung unter Nicht alle Erze erleiden alle drei Arten der Vorbereitung, manch kommen sogar unmittelbar in dem Zustande, wie sie die Grube lie den Hochofen. Wenn alle drei Vorbereitungsarbeiten angewendet v so erfolgen sie doch nicht immer in der angegebenen Reihenfolge, s das Zerkleinern geht zuweilen dem Rösten, zuweilen dem Au voraus; auch ist häufig mit der Röstung eine gleichzeitige Zerklei verbunden; hin und wieder endlich wird eine der drei Vorbere arbeiten wiederholt, z. B. ein Erz vor und nach dem Rösten zerk oder vor und nach dem Auslaugen geröstet.

1. Röstung der Eisenerze.

Unter Röstung der Eisenerze versteht man eine Erhitzung de bis zu einer Temperatur, bei welcher noch keine Schmelzung eintr

Diese Temperatur kann nach der Beschaffenheit des Erzes ei verschiedene sein. Reines Eisenoxyd (z. B. Eisenglanz) schmilzt l höchsten in der Praxis erreichbaren Temperaturen noch nicht [1], oxydoxydul (z. B. Magneteisenstein) ist nur bei hohen Tempe schmelzbar [2], jede der angeführten beiden Eisenverbindungen giel mit Kieselsäure (z. B. in Form eines quarzhaltigen Eisensteins) schon bei mässiger Hitze schmelzende Silicate.

Bei der Röstung der Eisenerze verfolgt man einen doppelten Entweder liegt es in der Absicht, die physikalische Beschaffenheit ben in solcher Weise zu ändern, dass ein im rohen Zustande sch zerkleinerndes Erz mürbe, oder ein dichtes, der Einwirkung von G seinem Innern schwer zugängliches Stück porös gemacht wird; od es soll die chemische Zusammensetzung des Erzes geändert werde der zweiten Art der Veränderung fällt gewöhnlich die erste zus mit der ersten nicht immer die zweite. Die Aenderung in der schen Zusammensetzung, welche sich meistens nicht nur auf das liche Erz, d. h. die Eisenverbindung, sondern auch daneben, o ausschliesslich auf dessen Beimengungen und Verunreinigungen, a die Gang- und Lagerarten, die eingesprengten Mineralien u. s. w. l beruht nämlich hauptsächlich auf Abgabe flüchtiger Stoffe und V dungen und bewirkt hierdurch gleichzeitig ein Poröswerden des Andererseits wird das Erz ohne weitere chemische Veränderung durch das einfache Verdampfen des in Folge der Förderung, des ports und der Lagerung ihm anhaftenden hygroskopischen Wassers in

[1]) Vergl. Abthl. I, S. 20. — [2]) Vergl. Abthl. I, S. 25.

llen eine Auflockerung erfahren, und ebenso lösen sich dessen einzelne
ıeile von einander durch die verschiedene Ausdehnung beim Erhitzen
ıd die abweichende Zusammenziehung beim Erkalten — eine Wirkung,
elche durch plötzliche Abkühlung des noch heiss aus der Röstung her-
ɔrgehenden Erzes mittelst kalten Wassers befördert werden kann.

Die zur Röstung erforderliche Temperatur wird nur in einzelnen
ällen (bei Kohleneisensteinen) durch Verbrennung eines dem Erze selbst
ıgehörigen Bestandtheils, für die bei weitem meisten Erze dagegen
ırch Verbrennung einer besonderen Quantität festen oder gasförmigen
rennmaterials erzielt. Je nachdem bei dieser Verbrennung die atmo-
ɔhärische Luft freieren oder beschränkteren Zutritt hat, verläuft die
östung in einer oxydirenden, neutralen oder reducirenden Atmosphäre.
lten führt man bei der Röstung Wasserdampf zu, dessen Einwirkung
ıe verschiedene ist, je nachdem er für sich allein oder mit atmosphäri-
ıer Luft gemengt zu den heissen Erzen tritt.

Chemische Vorgänge beim Rösten der Eisenerze. Die chemi-
ıen Reactionen beim Rösten beginnen im Allgemeinen erst, nachdem
Temperatur so hoch gestiegen ist, dass alles hygroskopische Wasser
·dampft ist. Nur das Hydratwasser der Brauneisensteine fängt bereits an
i zu werden, ehe noch der erstere Vorgang ganz vollendet ist, und aus
uminösen Eisenerzen (Kohleneisensteinen) destilliren gleichzeitig leicht-
chtige Kohlenwasserstoffe ab.

Die wichtigsten Veränderungen, welche die Erze beim Rösten erlei-
ı, gleichgültig ob die Röstatmosphäre eine reducirende oder oxydirende
, sind folgende:

1. Das Hydratwasser der Brauneisenerze und das Hydratwasser
s in den Gang- oder Lagerarten enthaltenen Thones, Gypses etc. wird
sgetrieben.

2. Die Kohlensäure der Spath-, Thon- und Kohleneisensteine ent-
ıicht, ebenso die Kohlensäure des beigemengten kohlensauren Kalks,
r kohlensauren Magnesia (bei kalkigen und dolomithaltigen Erzen) und
derer kohlensaurer Verbindungen, namentlich des kohlensauren Zink-
yds (bei galmeihaltigen Erzen).

3. Flüchtige Kohlenwasserstoffe gehen aus Kohleneisensteinen,
ıseneisenerzen u. s. w. fort.

4. Höhere Schwefelungsstufen, d. h. Verbindungen, welche
ehr als 1 Atom Schwefel auf 1 Atom Metall enthalten, namentlich Schwe-
lkies und Kupferkies, verlieren einen Theil ihres Schwefelgehaltes, der
ımpfförmig entweicht; Arsenkies giebt Schwefelarsen ab.

Bei neutraler Röstatmosphäre bleiben Rotheisenstein (Eisenoxyd)
ıd Magneteisenstein (Eisenoxydoxydul) ungeändert, Brauneisenstein
isenoxydhydrat) geht in Eisenoxyd, Spatheisenstein, Thon- und Kohlen-
enstein (kohlensaures Eisenoxydul) in Eisenoxydoxydul ($Fe_6 O_7$) über [1].

[1]) Vergl. Abthl. I, S. 186.

Die ihrer Kohlensäure beraubten Erden und die (bei höherer Schwefelung) eines Theils ihres Schwefels und Arsens beraubten Schwefel- und Arsenmetalle bleiben unverändert.

Bei oxydirender Röstatmosphäre bleibt Rotheisenstein unverändert, Brauneisenstein geht in Eisenoxyd über, Magneteisenstein gelangt, obwohl nur sehr langsam und allmälig, auf eine höhere Oxydationsstufe und wird schliesslich zu Eisenoxyd; aber die in der Praxis vorkommenden Zeiten genügen niemals zu der völligen Umwandlung in Oxyd, ja in den meisten Fällen zeigen die Analysen kaum merkliche Veränderungen in Bezug auf den Sauerstoffgehalt des Magneteisensteins [1]).

Spatheisenstein verwandelt sich zuerst in Oxydoxydul; dieses geht aber weit leichter als Magneteisenstein in oxydreichere Verbindungen und schliesslich in Oxyd über.

Organische (kohlige) Beimengungen der Kohleneisensteine verbrennen vollständig.

Die Schwefelmetalle geben schweflige Säure ab und werden theils in Oxyde, theils in schwefelsaure Salze umgewandelt. Bei hinreichend langer Röstung wird zuerst Schwefeleisen, dann auch Schwefelkupfer (Schwefelkies, Magnetkies, Kupferkies u. s. w.) vollständig in Oxyd umgewandelt, während bei der zum Rösten der Eisenerze angewendeten Temperatur Schwefelzink und Schwefelblei (Zinkblende, Bleiglanz) stets unzerlegte schwefelsaure Salze zurücklassen [2]). War gleichzeitig mit den Schwefelmetallen kohlensaurer Kalk vorhanden, so geht der aus diesem entstandene kaustische Kalk, so weit die erzeugte Schwefelsäure ausreicht, in schwefelsauren Kalk über.

Lüders hat Versuche über das Verhalten von Kupferkies im Spatheisenstein angestellt [3]), welche ergaben, dass bei Gegenwart von Kalk in einer oxydirenden Röstatmosphäre nur Spuren von Schwefel als schweflige Säure entwichen, während der grösste Theil des Schwefels, zu Schwefelsäure oxydirt, sich mit dem Kalke verband.

Die Arsenmetalle geben arsenige Säure ab. Arsenkies geht in Eisenoxyd über, welches mit geringen Mengen arsensauren und schwefelsauren Eisenoxyds gemengt ist.

Bei reducirender Röstatmosphäre gehen Rotheisenstein und Brauneisenstein, der letztere nachdem er seines Wassers beraubt ist, in Oxydoxydul über, jener langsamer und schwieriger als dieser. Beide Erze werden ebenso wie der Magneteisenstein und der nach dem Verlust seiner Kohlensäure in Oxydoxydul übergegangene Spatheisenstein oxydulreicher und können schliesslich, ohne jemals in reines Oxydul überzugehen, zu metallischem Eisen reducirt werden, welches letztere indessen niemals der Zweck des Röstens sein kann.

Man lässt im Gegentheil die Röstung stets mit der Bildung von

[1]) Vgl. Preuss. Zeitschr. f. Bergbau, Hütten- u. Salinen-Wesen, 1866, S. 141. — [2]) Vergl. Plattner, Röstprocesse. Freiberg 1856, S. 95 u. f. — [3]) Allgemeine Berg- u. Hüttenm. Zeitung 1860, S. 9 u. f.

ydoxydul abschliessen, weil, wie in dem Capitel über die Rennarbeiten [1]) zeigt worden, das auf solche Weise reducirte schwammartige metallihe Eisen ein sehr ungünstiges Material zu weiterer Verarbeitung ist.

Das kohlensaure Eisenoxydul (des Spath-, Thon- und Kohleneiseneins) bildet Oxydoxydule von sehr wechselnder Zusammensetzung. Diese ch beim Rösten in neutraler Röstatmosphäre auftretende Erscheinung det ihre Erklärung in der theilweisen Zersetzung der ausgetriebenen hlensäure. Lüders hat namentlich auf diesen Vorgang aufmerksam macht [2]) und gezeigt, dass, gleichgültig ob ein Spatheisenstein für sich er in einem Strome von Kohlensäure geglüht werde, die Kohlensäure ch zersetze und Sauerstoff zur Oxydation des Oxyduls abgebe. Bei der nbeständigkeit des freien Eisenoxyduls ist dies eine leicht begreifbare rscheinung. Lüders wies auch nach, dass, wenn man ganz reinen atheisenstein in verschlossener Glasröhre glühe, zwar ein Theil Kohlenure in der angegebenen Art zersetzt werde, das gebildete Eisenoxydydul sich jedoch noch höher oxydire, sobald Luft zutrete.

Die Bildung schwefelsaurer und arsensaurer Metallsalze wird in lucirender Röstatmosphäre mehr oder weniger verhindert, und unzerte Schwefel- und Arsenmetalle bleiben zurück.

Anwendung von Wasserdampf beim Rösten. Wird beim Rösten sserdampf angewendet, so trägt dieser zur Zersetzung der Schwefeltalle unter Bildung von Schwefelwasserstoff bei.

Der Erfolg ist aber ein sehr verschiedener, je nachdem der Wassernpf bei der Röstung gleichzeitig mit atmosphärischer Luft oder unter schluss derselben angewendet wird, und je nachdem er mit dem Röstgemengten Kohlenstoff (festes Brennmaterial) vorfindet oder nicht.

Tritt nämlich der Wasserdampf gleichzeitig mit atmosphärischer Luft r mit freien Sauerstoff enthaltenden Verbrennungsproducten zu Schwenetallen, so wird derselbe zwar einen Theil der Schwefelmetalle zeren und Schwefelwasserstoff und Oxyde bilden, zugleich aber wird der erstoff der Luft mit einem anderen Theile des Schwefels schweflige re erzeugen und ausserdem den Schwefelwasserstoff und den etwa ch Sublimation erzeugten Schwefel verbrennen. Hierbei bildet sich zuletzt immer schweflige Säure; daneben aber entstehen auch die oft schwer zerstörbaren schwefelsauren Salze, unter denen sich zwar die Eisens und Kupfers in den Rösttemperaturen zerlegen lassen, die des ks, Bleies und namentlich der bei kalkhaltigen Erzen sich bildende wefelsaure Kalk [3]) dagegen der abermaligen Zersetzung entgehen. Es

[1]) Abthl. I. der Eisenhüttenkunde. — [2]) Allg. Berg- u. Hüttenm. Zeitung 1860, 9. — [3]) Welchen Einfluss der Kalkgehalt der Erze auf den zurückbleibenden wefelgehalt ausübt, beweisen Versuche, welche mit den zu Rothehütte im Harz wendeten Rotheisensteinen (Abthl. I, S. 351) gemacht sind; die kieseligen Rothnsteine werden durch einfaches oxydirendes Rösten von einem 0,082 Proc. betraden Gehalte an Schwefel auf einen solchen von nur 0,009 Proc. gebracht, dagegen khaltige nur von 0,060 auf 0,023 Proc. (Berg- u. Hüttenm. Ztg. 1865, S. 208).

sphärische Luft zugeführt wird. Hierbei wird der Wasserda
Plattner's[1]) Untersuchungen langsam so zerlegt, dass der Sc
betreffenden Schwefelmetalls mit einem Theile des Wasserstoffs i
dampfe sich zu Schwefelwasserstoff vereinigt und gasförmig frei
rend das Metall, wenn es die Eigenschaft besitzt, in der Glühhi
stoff aufzunehmen (also z. B. das Zink der Zinkblende), sich m
geschiedenen Sauerstoffe des Wasserdampfes zu Oxyd verbindet
bildete Oxyd kann nun seinerseits wieder Sauerstoff an einen
noch unzersetzten Schwefelmetalls abgeben und schweflige Sä
Diese, im gasförmigen Zustande auf den vorhandenen Schwefel
treffend, wirkt auf denselben zerlegend ein unter Bildung von W
Ausscheidung von Schwefel, welcher bei hinreichend hoher T
dampfförmig zur Gicht gelangen würde, um dort wieder zu s
Säure zu verbrennen. Es wäre also möglich, auf diese Weise
vollkommene Abschwefelung der Erze zu bewirken; aber es lässt
im Voraus erkennen, dass diese Methode auf Voraussetzung
welche nur selten in der Praxis zutreffen können. Erstens i
bei allen Schachtöfenröstungen die Temperatur nicht hoch genu
Schwefel unzersetzt den Austritt aus der Gicht zu gestatten, es
selbe vielmehr mit einem Theile des Sauerstoffs der Erze wieder
Säure bilden, so dass die Entstehung schwefelsaurer Salze
ringert, nicht aber verhindert wird. Zweitens ist es kaum
zweckmässige Apparate zu construiren, in welchen eine Röstu
bedeutenden Quantitäten Erz, wie sie für einen Hochofenbetr
sind, ohne Luftzutritt lediglich durch Wasserdampf ausgefül
kann.

Wenn das schwefelmetallhaltige Eisenerz beim Rösten
geschichtet wird, oder wenn es, wie der Kohleneisenstein, Ko

ird mithin die Entschwefelung nur verzögert, also unvollkommener
cht [1]), als sie sein würde, wenn der Wasserdampf fehlte.

Zudem wirkt der hierbei etwa mit eintretende überschüssige Sauerstoff
uft viel schwächer, weil er, verdünnt durch Wasserstoff, Kohlenoxyd
wohl auch Kohlensäure und Kohlenwasserstoffe, weit weniger Berüh-
spunkte mit den unzersetzten Schwefelmetallen findet.

Da ausserdem die Erzeugung des Wasserdampfes besondere Apparate
Brennmaterialaufwand erfordert, da ferner bei der Zersetzung des
erdampfes eine beträchtliche Menge Wärme gebunden wird, welche
die gleichzeitige Oxydation der betreffenden Metalle nicht ersetzt
, und endlich die Entfernung des Schwefels aus schwefel-, magnet-
kupferkieshaltigen Eisenerzen auch durch eine einfache, zweckmässig
ete oxydirende Röstung in hinreichendem Grade gelingt, sowie
Zuhülfenahme von Auslaugeprocessen, welche weiter unten be-
hen werden sollen, sehr erleichtert wird: so findet der Wasserdampf
n sehr beschränktem Maasse eine Anwendung in der Praxis. Nur
len im Ganzen selten vorkommenden arsenhaltigen Eisenerzen ist
erdampf unter der Voraussetzung wirksamer als jede andere Röst-
ode ohne die Benutzung desselben, dass derselbe ohne Luftzutritt
vendet wird. Es bildet sich dann arsenige Säure, welche durch
überschüssigen Wasserdampf mitgerissen wird. Sind die Erze in-
n gleichzeitig schwefelhaltig, so zersetzt sich in gelinderen Tempe-
en die arsenige Säure wieder mit dem Schwefelwasserstoff und bildet
Neuem Schwefelarsen. Mit Recht schliesst aus diesem Verhalten
t [2]), dass für die Röstung von Fahlerzen und ähnlichen Mineralien
he zuweilen den Eisenerzen, besonders dem Spatheisensteine beige-
t sind) Wasserdampf nicht anwendbar sei, um gleichzeitig mit dem
efel die Gesammtheit des Arsens (und Antimons) auszutreiben, es
nn, dass der Schwefel in bedeutendem Ueberschusse vorhanden wäre.

Da nun beim einfachen Rösten sehr arsen- und schwefelhaltiger Erze
uft die Bildung arsensaurer Salze in bedeutender Menge nicht um-
n werden kann, und diese aus den gerösteten Erzen auch durch
ugen mit Wasser nicht zu entfernen sind, so würde in diesem Falle
nwendung des Wasserdampfes unter der oben genannten Voraus-
ng immer noch das bessere Mittel sein, wenn nicht dadurch die
ng so vertheuert würde, dass man lieber auf die Verarbeitung sol-
Erze überhaupt verzichtet.

Beim Rösten kohlensäurehaltiger Eisenerze hat der Wasserdampf
ähnlich günstigen, aber nur mechanischen Einfluss auf die Ent-
ng der Kohlensäure, wie beim Kalksteinbrennen [3]).

Vergl. Plattner, Röstprocesse, S. 240. — [2]) Rivot-Remelé, Analytische
lchemie I, S. 29. — [3]) Ein Verhalten, welches nach Faraday und Gay-
c durch die grössere Geschwindigkeit des aufsteigenden Gasstromes und
die in Folge dessen stattfindende schnellere Abführung der Kohlensäure zu
n ist. Vergl. Muspratt-Stohmann-Kerl, 2. Aufl., Bd. 3, S. 586.

Einfluss der Röstung auf den Hochofenprocess. W
ein von Schwefelmetallen freies Erz für den Hochofenprocess d
Röstung vorbereitet, so wird bei jeder Röstmethode durch Au
von Wasser und Kohlensäure bei Braun-, Spath-, Thon- und
eisensteinen dem Hochofen ein Wärmeverlust erspart; im Uebr
arbeitet eine Röstung in reducirender Atmosphäre dem Hochof
vor, eine oxydirende Atmosphäre ihm entgegen. Soll hiernach a
welchen Gründen die Reduction im Hochofen erschwert werden,
dies erstens dadurch geschehen, dass man rohe statt gerösteter
giebt, also die Temperatur in den oberen Theilen des Hochofe
drückt, oder zweitens dadurch, dass man oxydirend geröstete Erz
in denen also (falls sie nicht schon auf der Oxydationsstufe
standen) der durch das Kohlenoxydgas des Hochofens zu v
Sauerstoff künstlich vermehrt worden ist. Eine Beschleunigung
duction im Hochofen wird umgekehrt stets durch reducirend
Erze herbeigeführt werden. Insofern wirkt also eine vorh
Röstung auf die Production, d. h. die Quantität des in einem
erzeugten Roheisens.

Wenn Spath-, Thon- und Kohleneisensteine im Hochofen
schmolzen werden, so kommt die bei der Umwandlung des in i
haltenen kohlensauren Eisenoxyduls in Eisenoxydoxydul eintrete
weise Zersetzung der Kohlensäure in Kohlenoxyd in Betracht
namentlich einen nicht zu unterschätzenden Einfluss auf die Zus
setzung der Gase in dem entsprechenden Hochofentheile aus.
bereits früher [1]) angeführt, dass beim Erhitzen des kohlensaur
oxyduls ohne Luftzutritt Fe_6O_7 übrig bleibt, während Kohlen
Kohlensäure in einem Mischungsverhältnisse von 1 : 5 entweiche

Auf die Qualität des zu erzeugenden Roheisens wirkt
stung fast immer günstig, da, wie die Analysen [2]) beweisen, di
Erze schwefelhaltig und namentlich durch Schwefelkies und K
verunreinigt sind. Eine oxydirende Röstung wirkt in dieser I
natürlich am günstigsten.

Da die Temperatur, welche zur gänzlichen Zerstörung der
unreinigung der Eisenerze am häufigsten vorkommenden Schwe
dungen des Eisens und Kupfers und zu ihrer Umwandlung
(namentlich zur Zerstörung der Zwischenbildungen von schw
Salzen) erfordert wird, eine sehr hohe ist, so kommt man in d
wo man diesen Zweck vollkommen erreichen will, in Gefahr,
zum Sintern oder gar zum Schmelzen zu bringen. Je mehr d
bestandtheile des Erzes geneigt sind, unter sich oder mit dem
Eisen leichtflüssige Verbindungen einzugehen, um so grösser
Gefahr. Nun liegt aber der Nachtheil einer solchen Schmel

[1]) Abthl. I, S. 136. — [2]) In der ersten Abtheilung der Eisenh
S. 288 u. f.

Hochofenprocess stets darin, dass an Stelle der ursprünglichen oder
lurch ein gutes Rösten erhöhten Porosität des Erzes eine mehr oder
er grosse Undurchdringlichkeit desselben tritt, welche selbst dann
ı nachtheilig wirkt, wenn nur eine oberflächliche Sinterung der Erz-
:e eingetreten ist. Ausserdem sind kieselsaure Eisenoxydulverbin-
en, welche sich bei einer solchen Schmelzung oft bilden, weit schwerer
irbar, als die einfachen Oxydationsstufen des Eisens.

Die Frage, wie weit man in der Röstung eines Erzes mit Rücksicht
den nachfolgenden Hochofenprocess zu gehen habe, wird wesentlich
ökonomische sein. Im Allgemeinen erreicht man durch lange an-
rnde, mässige Erhitzung eines Erzes dasselbe, wie durch eine kurze
starke Erhitzung; bei jener ist zwar die Gefahr einer Schmelzung
ıger, aber auch der Brennmaterialverbrauch grösser, als bei dieser.
wird sich daher so viel wie möglich für eine kräftige, kurz an-
rnde Röstung entscheiden und bei sehr schwefelhaltigen Erzen selbst
Sinterung absichtlich zulassen, wenn nur bei möglichst geringem
nmaterialaufwand eine gute Reinigung der Erze von Schwefel er-
t wird. So röstet man in Schweden die schwefelkiesreichen Magnet-
erze bis zu angehender Schmelzung, um nur ein möglichst schwefel-
ı Roheisen zu erhalten.

So leicht es ist, bei hinreichender Vorsicht und unbeschränktem
nmaterial- und Zeitaufwand, namentlich aber unter Zuhülfenahme
Auslaugeprocesse, die Erze soweit schwefelfrei zu machen, dass der
e zurückbleibende Rest von Schwefel durch die geeigneten Zuschläge
Hochofen vollständig unschädlich für die Roheisenerzeugung gemacht
en kann; so unmöglich ist es bis jetzt, den Phosphorgehalt der Erze
nur irgendwie durch den Röstprocess zu verringern. Obwohl die
ıng dieser Aufgabe den Erfinder unsterblichen Ruhmes sicher machen
le, so giebt doch der gegenwärtige Stand der Chemie noch keine
ıung auf eine derartige Lösung.

Einfluss der Korngrösse des Erzes auf den Röstprocess. Das
en der Eisenerze geschieht entweder in freien Haufen oder in Oefen.
rsten Falle pflegt man die Erze in Stücken verschiedenartigster Grösse,
sie aus der Grube oder der Aufbereitungsanstalt kommen, der Röstung
bergeben; im zweiten Falle unterwirft man sie häufig einer vorgän-
n Zerkleinerung. Unterliegen die Erze nach ihrer Förderung einer
dscheidung, so macht es im Allgemeinen keine besonderen Kosten, sie auf
ke von bestimmter Grösse zu reduciren; bedürfen sie aber einer solchen
idung nicht, so scheut man auch meist die Ausgaben für eine Zer-
ıerung. Man vernachlässigt hierbei indessen den Umstand, dass eine
ırige Zerkleinerung und namentlich die Reduction der Stücke auf
gleichmässige Grösse für den Röstprocess nur vortheilhaft sein
ı; denn ein Erzstück von bedeutender Grösse wird erst durchgeröstet
wenn kleinere gleichzeitig mit ihm aufgegebene Stücke längst fertig

geröstet sind, und der Brennmaterialaufwand, welcher in Anspruch ge nommen wird, um die letzteren bis zur Vollendung der Röstung der grossen Stücke mitzuerhitzen, ist als ganz verloren anzusehen; während, wenn man sich umgekehrt mit der Durchröstung nur der kleineren Stücke be gnügt, der Zweck für die grösseren nicht vollkommen erreicht wird.

Wäre es thunlich, die Erze in Form von Pulver im Hochofen zu verwerthen, so würde es sicher am zweckmässigsten sein, schon dem Röst process eine soweit gehende Zerkleinerung derselben vorher gehen zu lassen und sich dann für die Röstung solcher Apparate zu bedienen welche, wie der Gerstenhöfer'sche oder Hasenclever'sche Röstofen die Erhitzung pulverförmiger Substanzen gestatten.

Werden die Erze zweimal geröstet, was namentlich dann geschieht wenn ein Auslauge- oder Verwitterungsprocess eingeschaltet werden soll so pflegt man die Zerkleinerung nach der ersten Röstung vorzunehmen weil die Erze dann schon mürbe geworden sind und sich leichter als die rohen Stücke zerbrechen lassen.

Erzeugung der Rösttemperatur und Ausnutzung derselben in verschiedenen Apparaten. Es ist bereits darauf hingewiesen worden dass die zur Röstung nöthige Temperatur theils durch Verbrennung des in den Erzen selbst enthaltenen Kohlenstoffs (bei Kohleneisensteinen) theils durch Verbrennung anderer fester oder gasförmiger Brennmaterialien hervorgerufen wird. Die Ausnutzung der Wärme ist dann die vollkommenste, wenn das Brennmaterial in unmittelbarer Berührung mit den Erzen verbrannt wird, wenn also ein festes Brennmaterial mit dem Erze geschichtet, oder ein gasförmiges zwischen dem Erze verbrannt wird. Hierbei wird ferner die erzeugte Wärme umsomehr ausgenutzt werden, je weniger eine Transmission nach aussen in die atmosphärische Luft stattfindet, und je genauer die Menge der Verbrennungsluft dem Bedarfe angepasst ist. Aus diesem Grunde wird stets eine Röstung in Oefen den Vorzug gegen eine Röstung in freien Haufen verdienen.

Weniger vollkommen wird die Wärme ausgenutzt, wenn das Brennmaterial ausserhalb des zu röstenden Erzes verbrannt und nur die Verbrennungsproducte (die Flamme) zwischen die Erzstücke geleitet werden. Will man aus anderen Gründen indessen dieser Methode den Vorzug geben, so ist es vortheilhafter, die heissen Verbrennungsproducte zwischen den Erzstücken hindurch, als nur über deren Oberfläche fortströmen zu lassen. Man wendet daher Schachtöfen, fast niemals Flammöfen zur Röstung der Eisenerze an.

Der Schachtofen gewährt, gleichgültig ob die Rösttemperatur in ihm durch Verbrennung eingeschichteten Brennmaterials, durch Verbrennung von Gasen oder durch Einleiten von verbrannten heissen Gasen erzeugt wird, den Vortheil gegen den Flammofen, dass das zu röstende Material dem aufsteigenden heissen Gasstrome entgegen rückt, ohne der Handarbeit zu bedürfen, dass daher die Röstung bei allmälig gesteigerter Temperatur

auch allmälig erfolgt, und dass endlich, wenn die Verbrennungsstätte in hinreichender Höhe sich befindet, das Erz am Fusse des Ofens bereits wieder abgekühlt anlangt, gleichzeitig aber auch der dort einströmenden Verbrennungsluft Gelegenheit zur Erwärmung bietet.

Am schlechtesten wird die Wärme ausgenutzt, wenn man die Erze in geschlossenen Gefässen (Muffeln oder Retorten) erhitzt, und es hat daher auch diese freilich öfters vorgeschlagene Methode um so weniger Eingang gefunden, als einerseits die Menge der nachtheiligen Gase (schweflige, arsenige Säure), welche bei der Röstung erzeugt werden, im Allgemeinen zu gering ist, um erhebliche Belästigungen an den Orten hervorzurufen, wo die Industrie ohnehin die reine Luft verdrängt hat, andererseits aber auch bei der Röstung keinerlei nutzbare Stoffe in so grosser Menge entweichen, um zur Benutzung für andere Zwecke dienen zu können. Selbst der Verlust der Kohle in den Kohleneisensteinen beim Rösten in Oefen oder in freien Haufen ist nicht als eigentlicher Verlust anzuschlagen, da er dazu dient, anderweites sonst zur Erhitzung nöthiges Brennmaterial zu sparen.

Andere Verschiedenheiten in der Wirksamkeit der Röstapparate. Wenn man in Bezug auf Wärmeausnutzung denjenigen Schachtöfen, in welchen das zur Erzeugung der Rösttemperatur nöthige Brennmaterial zwischen den Erzen verbrannt wird, den Vorzug geben muss, so können doch manche Gründe dafür sprechen, trotzdem Oefen mit ausserhalb liegender Feuerung anzuwenden. Ist man nämlich gezwungen, ein festes und unreines Brennmaterial anzuwenden, so kann dessen directe Berührung und Mengung mit dem Erze grosse Nachtheile herbeiführen. Enthält das Brennmaterial Schwefelkies, so kann ein an sich schwefelfreies Erz zum Nachtheil der Roheisenerzeugung in ein schwefelhaltiges umgewandelt werden; ist die Asche des Brennmaterials phosphorhaltig (z. B. bei Torf), so wird sie, mit dem Erze gemengt, ebenfalls dessen Qualität verschlechtern. Hat man reichliche Mengen eines billigen, aber unreinen Brennmaterials zu Gebote stehen, so ist es oft ökonomischer, grössere Quantitäten eines solchen zu verwenden als geringere Quantitäten eines besseren aber theueren Brennmaterials, und in diesem Falle lassen sich ausserhalb des Röstofens liegende Feuerungen rechtfertigen.

Will man ferner mit oxydirender Atmosphäre arbeiten, so gelingt eine hinreichende Regulirung des Luftzutritts leichter bei Oefen mit aussen liegender Feuerung, als bei solchen, in denen eingeschichtetes Brennmaterial angewendet wird.

Die Vortheile des eingeschichteten Brennmaterials in Bezug auf Ausnutzung der Wärme und die Vortheile, den Luftzutritt vollkommen in der Gewalt zu haben, bietet dagegen gleichzeitig die Gasfeuerung; die Schachtöfen mit Gasfeuerung, d. h. mit im Inneren verbrennendem Gase müssen daher als die vollkommensten Röstöfen angesprochen werden.

Obwohl auch die Röstung in Oefen nicht ganz unabhängig von klimatischen Verhältnissen sein kann, so ist doch in viel höherem Grade die Röstung in Haufen einer ausser der menschlichen Macht liegenden Ungleichmässigkeit ausgesetzt, da die Witterungsverhältnisse (Niederschläge, Temperatur, Windrichtung) einen nicht gering zu schätzenden Einfluss auf dieselbe ausüben.

Wenn trotz dieser Nachtheile und der oben erwähnten schlechten Wärmeausnutzung die Haufenröstung noch an vielen Stellen beibehalten ist, so liegt das einestheils zwar an der bekannten Anhänglichkeit vieler Praktiker am Alten und Hergebrachten, wie an der Bequemlichkeit und an der aus Mangel an Kenntnissen entspringenden Scheu, neue Versuche anzustellen; anderntheils aber auch an localen Verhältnissen. Es ist an sich oft rationeller, geröstete Erze zu transportiren, als rohe; denn Spatheisenstein, Sphärosiderit und Kohleneisenstein z. B. können beim Rösten durch Abgabe von Kohlensäure der Eisensalze und Erden, von Wasser und organischen Substanzen bis 40% und mehr an Gewicht verlieren, so dass der Nachtheil, der durch das leichtere Zerbröckeln der gerösteten Erze entsteht, ganz gegen den Vortheil eines billigeren Transportes zurücktritt. In diesem Falle wird die Röstung möglichst nahe der Förderstelle geschehen. Hat man nun hier über hinreichenden Raum zu gebieten, ist ferner billiges Brennmaterial zu beschaffen, oder enthalten die Eisenerze dasselbe in sich, sind Oefen nur mit grossen Kosten zu erbauen und zu unterhalten, so wird die Frage in manchen Fällen aus ökonomischen Gründen für das Rösten in freien Haufen entschieden werden können.

Man hat wohl noch als Vortheil der Röstung in freien Haufen angeführt, dass sich die dem Erze beigemengten tauben Gangarten nach solcher Röstung leichter durch Hand in Schalen oder Stücken ablösen liessen, weil sie, da das Erz in Ruhe bliebe, grössere Stücke bildeten, während dieselben bei der Bewegung der Erze im Röstofen zu Pulver zerrieben würden und daher schwer zu trennen seien[1]. Doch ist nur in seltenen Fällen, z. B. bei einigen südwalesischen Sphärosideriten, der Unterschied in dieser Beziehung von hinreichender Bedeutung, um die übrigen Nachtheile der Haufenröstung aufzuwiegen.

a. Röstung in Haufen.

Bei der Röstung der Eisensteine in freien Haufen oder Meilern, wie man die Haufen dann zu nennen pflegt, wenn sie einen kreisförmigen Horizontalquerschnitt haben, wendet man verschiedene Methoden an, je nachdem die Eisensteine das zu ihrer Erhitzung nöthige Brennmaterial ganz oder grösstentheils in ihrem natürlichen Zustande beigemengt enthalten, was nur bei den Kohleneisensteinen der Fall ist, oder aber fremdes Brennmaterial zur Röstung angewendet werden muss.

[1] Vergl. Kerl, Metall. Hüttenk. Bd. III. S. 116.

Röstung von Kohleneisenstein.

Der Kohleneisenstein enthält gewöhnlich so viel beigemengte Kohlen und Bitumen (10% und mehr)[1], dass er zur Röstung keines weiteren Brennmaterials bedarf, sondern in Haufen gestürzt und angezündet von selbst weiter brennt, bis die an Eisenoxydul gebundene Kohlensäure ausgetrieben ist.

Die Höhe der Haufen, welche man behuf der Röstung aufschüttet, ist von der Temperatur abhängig, welche entwickelt werden soll und kann. Je leichter schmelzbar der Eisenstein, und je grösser der Kohlengehalt desselben ist, um so geringer muss die Höhe sein. So giebt man den Haufen zur Röstung der Kohleneisensteine bei Hasslinghauser Hütte eine Höhe von nur 1 Meter (3 Fuss)[2], auf anderen westphälischen Werken und in Schottland dagegen 3 bis 5 Meter ($9^1/_2$ bis 16 Fuss) Höhe[3].

Die Breite der Haufen ist insofern von der Höhe abhängig, als Minimum im Allgemeinen gleich der doppelten Höhe sein muss, da natürliche Böschungswinkel der lose aufgestürzten Erze etwa 45° beträgt. Das Maximum der Breite ist von der Grösse der Erzstücke abhängig. grösser diese sind, je grösser mithin ihre Zwischenräume, um so leichter dringt das Feuer in das Innere des Haufens und um so grösser kann Breite sein. In Westphalen erhalten die Kohleneisensteinhaufen meist eine Breite von 6 bis 9 Meter (19 bis $28^3/_4$ Fuss); in Schottland bis 11 Meter (32 bis 35 Fuss).

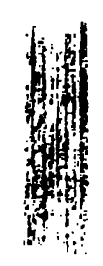
Die Länge der Haufen ist von dem Quantum des gleichzeitig zu röstenden Eisensteins abhängig und im Allgemeinen nur durch den zu Gebote stehenden Raum und die Transportverhältnisse (Abfuhrwege, ...enes Terrain u. s. w.), welche durch möglichste Concentration des Betriebes begünstigt werden, bedingt; 40 bis 60 Meter (127 bis 191 Fuss) Länge ist das Gewöhnliche.

Form der Haufen. Im Allgemeinen giebt man den Haufen die Form abgestumpfter Pyramiden mit oblonger Grundfläche, zuweilen solcher mit quadratischer Grundfläche, selten macht man sie abgestumpft kegelförmig oder paraboloidisch mit kreisförmiger Grundfläche, und nennt dann Meiler.

Anzünden und Wartung der Haufen. Die Art der Zündung und Wartung eines Kohleneisensteinrösthaufens hängt wesentlich davon ab, man den ganzen Haufen mit einem Male, oder die einzelnen Theile

---

[1] Abthl. I, S. 277. — [2] Zeitschrift deutscher Ingenieure 1851, S. 296. — Zeitschr. deutscher Ingenieure II, S. 90.



Theil desselben, welcher zuerst angebrannt werden soll, mit bre
Steinkohlen, und schützt die dem Winde ausgesetzten Zündstelle
senkrecht gestellte grössere Eisensteinstücke; oder man umgiebt
fen mit einem flachen Graben und wirft in diesen brennendes Koh
auch wohl glühende Eisensteine aus benachbarten brennenden
und bedeckt dann den Graben mit rohen Eisensteinen. Das Feue
sich ohne weiteres Zuthun in dem frischen Eisensteine fort, wenn
gar zu nass ist, in welchem Falle man Gruben in den Fuss des
machen und das Feuer mehr ins Innere desselben bringen mu
kohlenarmen, schwer entzündlichen Eisensteinen legt man beim Se
Haufens mit Holzspähnen gefüllte Zündcanäle an der Sohle an. E
entzündlichen Eisensteinen genügt es, in Entfernung von ein
mehreren Metern Zündstellen anzuordnen.

Einige Beispiele werden am besten die Leitung des Betriel
Kohleneisensteinrösten veranschaulichen.

Beispiele. In Schottland stürzt man den Kohleneisenste
bis 11 Meter (32 bis 35 Fuss) breite, 3 bis 4 Meter (9½ bis 12
hohe Haufen, ebnet die Oberfläche der abgestumpften Pyramid
Zerschlagen der grösseren aussenliegenden Stücke, zündet in Entfe
von circa 3 Metern durch brennende Steinkohlen an und bedec
die Mitte der Seitenflächen des Haufens mit Asche und Grubenkle
kleinen Eisensteinstückchen) derartig, dass der Fuss circa 0,7
(2½ Fuss) hoch und der Kopf 1 Meter (3 Fuss) hoch frei bleibt
Fortschreiten des Feuers wird die Bedeckung weiter hinaufgefüh
rend die Oberfläche des Haufens sowie der Fuss behuf reichliche
zutritts frei bleibt [1]).

In Westphalen verfährt man folgendermaassen [2]):

le in 3,76 Meter (12 Fuss) Abstand von einander aus. Diese Zünd-le erhalten 0,1 Quadratmeter (1 Quadratfuss) Querschnitt und gehen 0,94 Meter (3 Fuss) tief in den Haufen hinein.

Die innere Seite dieser Wände und die Umgebungen der Zündcanäle hüttet man mit zerkleinertem Eisenstein und stürzt den übrigen m voll grober Erzstücke, wie sie die Förderung der Grube liefert. ie Mitte wirft man die noch nicht durchgebrannten Stücke vorher-nder Röstungen. Die Zündcanäle werden mit Holz gefüllt, welches von aussen in Brand setzt. Ist der ganze Haufen in gutem ide, so werden die Seitenmauern eingerissen und die Stücke, welche lben bildeten, oben auf die Oberfläche des Haufens geworfen.

Ein Haufen von circa 10 000 Scheffeln oder 550 Cubikmetern 00 Cubikfuss) brennt etwa vier Wochen [1]. Hierbei werden circa Proc. gut geröstet, das Uebrige muss noch einmal in dem nächsten fen nachgeröstet werden.

Auf anderen Zechen, z. B. Neu-Essen IV, wo das Erz ärmer an le ist, zerschlägt man sämmtlichen Eisenstein bis zu Faust- oder Kopf-se und kann dann die Haufen 2,51 bis 2,82 Meter (8 bis 9 Fuss) hoch ihren. Man bildet abgestutzte Kegel von 6000 bis 7000 Scheffeln 330 bis 385 Cubikmetern (11 000 bis 12 500 Cubikfuss) und zündet ringsum mit Holz, welches in einen Graben gelegt wird, an. Die nzeit beträgt drei Wochen.

Ist umgekehrt der Eisenstein sehr kohlenreich, wie auf der Grube -Hiddinghausen, so darf man ihn nur 0,63 bis 0,78 Meter (2 bis Fuss) hoch aufsetzen und vermeidet trotzdem oft ein Sintern nicht ständig.

Um an Raum zu sparen, erhöht man bei so niedrigen Haufen den its beinahe durchgerösteten, aber noch heissen Haufen zwei oder rere Male durch Aufschüttung 0,6 bis 1 Meter (2 bis 3 Fuss) starker chten frischen Eisensteins.

Man hat in Westphalen einen Röstverlust von 25 bis 46 Proc. am ichte, dessen Grösse sich wesentlich nach dem Kohlengehalt des Eisen-s richtet. Die Röstkosten betragen durchschnittlich pro 100 Scheffel [2]) 5,496 Cubikmeter (178 Cubikfuss) Eisenstein $3^2/_3$ bis $4^1/_3$ Sgr., mit-pro 1 Cubikmeter 8 bis $9^1/_2$ Pf. 1 Cubikmeter Erz wiegt 1569 bis Kilogrm. (31,38 bis 35,58 Ctr.).

Ist der Blackband sehr kohlenreich und giebt daher beim Brennen hohe Temperatur, so kann man mit ihm zugleich andere Eisensteine, entlich die häufig auf ebendenselben oder benachbarten Lagern vorkom-

---

[1]) Das Zerkleinern des Eisensteins zum Beschütten der Wände und Canäle t für einen solchen Haufen circa 15 Thlr., das Holz $9^1/_2$ Thlr., mithin stellen die Röstkosten für 100 Scheffel, oder für 5,496 Cubikmeter (178 Cubikfuss) stein auf $7^1/_3$ Sgr., also pro 1 Cubikmeter auf 1 Sgr. 4 Pf. — [2]) 1 Scheffel 549 Cubikmeter ($1^7/_9$ Cubikf.) Erz wiegt circa 86,5 bis 97,5 Kil. (173 bis 195 Pfd.).

menden Thoneisensteine rösten und dadurch die Temperatur auf ein richtiges Maass bringen. Dies geschieht z. B. auf einigen schottischen Werken.

Ist der Blackband dagegen kohlenarm, so bedarf er zuweilen fremden Brennmaterials beim Rösten, und die Röstung unterscheidet sich dann nur durch die geringere Menge der in den Rösthaufen eingeschichteten Kohle von der Röstung anderer Eisensteine.

Einfluss des Schwefelkiesgehaltes beim Rösten. Ist der Kohleneisenstein schwefelkiesreich [1], so stellt man die Stücke mit ihren Schichtungsflächen nahezu senkrecht, um das Entweichen der Dämpfe zu begünstigen, und bedeckt den Haufen, wie in Schottland, gar nicht an der Oberfläche, wogegen man bei den schwefelkiesarmen Sorten die Oberfläche oft mit feinem Eisenstein vom vorhergehenden Rösten und mit Asche überschüttet, um den Luftzug mehr oder weniger zu hemmen.

Je schwefelkiesreicher ein Kohleneisenstein ist, einer um so höheren Rösttemperatur bedarf er, und um so höhere Haufen wird man anwenden müssen. Man zieht es bei sehr schwefelkieshaltigem Kohleneisenstein zuweilen vor, die Nachtheile einer beginnenden Sinterung in den Kauf zu nehmen, um nur eine möglichste Befreiung von Schwefel zu erzielen.

Kennzeichen der gerösteten Kohleneisensteine. Ein gut gerösteter Kohleneisenstein zeigt eine dunkelrothe Färbung. Ein zu schwach gerösteter Stein dagegen hat mehr oder weniger die natürliche dunkle Farbe ohne Glanz. Die einzelnen Lagen (Bänder), aus welchen der Kohleneisenstein besteht, trennen sich von einander. Man findet oft Stücke, die einem aufgeblätterten Buche nicht unähnlich sind. Solche zu schwach gerösteten Eisensteine zerfallen leicht beim Transport und geben viel pulverförmigen Abgang. Zu stark geröstete Eisensteine sind gesintert oder geschmolzen und zeigen eine blauschwarze, gewöhnlich metallglänzende Färbung. Da im Allgemeinen ein eisenreicher Kohleneisenstein leichter als ein eisenarmer schmilzt, so kann man nach dem Rösten an der mehr oder weniger dunklen Farbe die verschiedene Reichhaltigkeit der einer gleichen Temperatur ausgesetzt gewesenen einzelnen Stücke beurtheilen.

Veränderung des Kohleneisensteins durch das Rösten in freien Haufen. Bereits in der ersten Abtheilung der Eisenhüttenkunde (z. B. S. 347 unter Nro. 7 und 8) sind Analysen gerösteter Kohleneisensteine mitgetheilt. Wir fügen denselben hier noch zwei von Lürmann [2] angegebene bei, deren erste einen gerösteten Kohleneisenstein von der Grube Oberlevringsbank, deren zweite einen solchen von der Grube Hiddinghausen, beide in Westphalen, angiebt.

---

[1] Der Schwefelkiesgehalt nimmt meist mit dem Kohlengehalt gleichzeitig zu und ab. — [2] Berg- und hüttenm. Zeitung 1858, S 74.

	1.	2.
Eisenoxyd	73,46	46,91
Eisenoxydul	8,70	18,63
Kieselsäure	4,38	19,58
Thonerde	4,12	7,85
Kalk	3,18	3,29
Manganoxyduloxyd	1,79	1,35
Schwefel	0,76	0,69
Phosphorsäure	0,59	0,68
Kohlensäure	—	0,96
	99,98	99,94

Das Verhältniss des Eisenoxyds zum Eisenoxydul ist:

Im Magneteisensteine	1 : 1,000
Im Röstproduct eines kohlensauren Eisenoxyduls bei neutraler Röstatmosphäre	1 : 4,000
Bei dem Erze der Analyse B. Nr. 7 Abthl. I, S. 347	1 : 0,015
„ „ „ „ „ Nr. 8 ebendaselbst	1 : 0,141
„ „ „ obiger Analyse Nr. 1	1 : 0,118
„ „ „ „ „ Nr. 2	1 : 0,397

Man sieht hieraus, dass bei der Röstung in freien Haufen eine starke Oxydation stattfindet, dass also weder die aus dem kohlensauren Eisenoxydul entwickelte Kohlensäure in dem Maasse in Kohlenoxyd umgewandelt wird, um eine reducirende Atmosphäre hervorzubringen, noch der dem Kohleneisenstein beigemengte Kohlenstoff hierzu hinreicht, obwohl trotzdem eine nicht unbedeutende 0,69 bis 0,76 Proc. betragende Menge Schwefel zurückbleibt. Der Kohlensäuregehalt der Erze Nr. 8, I, S. 347 und Nr. 2 obiger Analyse beweist eine nicht genügende Rösttemperatur, welche voraussichtlich durch die grössere Menge freier Kieselsäure in diesen Eisensteinen bedingt wurde.

Röstung der übrigen Eisensteine.

Alle Eisenerze ausser dem Kohleneisensteine bedürfen, wie bemerkt, zur Röstung eines besonderen Brennmaterials, und schon aus diesem Grunde findet die Röstung dieser Erze nur selten in freien Haufen statt. Es unterliegen die Thoneisensteine und Sphärosiderite noch am häufigsten dieser Art der Röstung, namentlich, wenn sie mit Steinkohlen aus demselben oder einem nahe liegenden Schachte gefördert werden, so dass man sich zum Rösten des abfallenden Kohlenkleins bedienen kann, ohne einen weiten Transport nöthig zu haben. Findet eine Haufenröstung auf dem Hüttenplatze statt, so wählt man zur Röstung solche Brennmaterialabfälle, welche in Hochöfen oder in Frischfeuern, Flammöfen u. s. w. nicht gut verwerthet werden können, also kleine Holz- und Steinkohlen, Koksabfälle, ferner Holzspähne, Tannzapfen, kleines Reisig und dergl. mehr. Besseres Brennmaterial, Holzscheite und Stückkohlen benutzt man höchstens als Unterlage (Röstbett). Das Einschichten grösserer Holzscheite

und Kohlenstücke zwischen das Erz ist übrigens auch deshalb nicht empfehlenswerth, weil nach dem Wegbrennen derselben grosse Hohlräume entstehen, welche starken Zug und damit einen allzu heftigen Luftzutritt veranlassen, in Folge dessen der zur vollständigen Abröstung erforderliche Aufwand an Brennmaterial ein weit höherer wird.

Der Brennmaterialverbrauch hängt wesentlich von dem Feuchtigkeitsgehalte und der sonstigen chemischen und physikalischen Beschaffenheit der Erze ab. Was die verschiedenen Brennmaterialien betrifft, so ersetzen nach Mayrhofer [1]) 1000 Kilogrm. (20 Ctr.) Steinkohlen circa 7,42 Cubikmeter (240 Cubikfuss) weiches Scheitholz und circa 500 Kilogrm. (10 Ctr.) Kokslösche.

Form und Dimensionen der Haufen. Die Form der Haufen ist bei dieser Röstung insofern ganz gleichgültig, als man durch die Menge des eingeschichteten Brennmaterials, die Art der Luftzuführung u. s. w. bei jeder Grösse der Rösthaufen die erforderliche Temperatur ohne Schwierigkeit hervorbringen kann. Man wählt indessen gewöhnlich die Form einer abgestumpften Pyramide, deren Seiten den natürlichen Böschungswinkel der Eisensteine haben, seltener die eines Paraboloids. Die gewöhnlichen Dimensionen sind 1,88 Meter (6 Fuss) Höhe, 4,71 bis 6,28 Meter (15 bis 20 Fuss) Sohlenbreite und 4,71 bis 31,38 Meter (15 bis 100 Fuss) Länge.

Die Höhe der Haufen findet ihre Grenze gewöhnlich in der Schwierigkeit des Aufkarrens. Um die letztere und die dadurch wachsenden Kosten möglichst zu vermindern, benutzt man, wenn irgend angänglich, vorhandene Terraindifferenzen in der Art, dass eine Anfuhrbahn in einem höheren Niveau über den Röstplatz geführt wird, und von dort die Erze direct aus den Anfuhrgefässen (am besten den Förderwagen selbst) zu Rösthaufen aufgestürzt werden können, deren Errichtung dann nur noch einiger Planirungsarbeiten bedarf. Hierbei ist indessen zu berücksichtigen, dass die Bahnen der von den Rösthaufen ausstrahlenden Hitze ausgesetzt sind und daher keine Holzunterlagen haben dürfen.

Die Abfuhr des gerösteten Eisensteins erleichtert man wieder dadurch, dass man zwischen je zwei Rösthaufen Gräben aufwirft, deren Böschungen mit Futtermauern versieht und auf ihre Sohle eine Schienenbahn legt, auf der sich die das Erz zur Hochofengicht führenden Wagen bewegen.

Errichtung der Rösthaufen und Leitung der Röstung. Die Sohle, auf der ein Haufen errichtet werden soll, pflegt man aus Lehm oder Thon festzustampfen, zuweilen pflastert man sie mit Ziegelsteinen oder Schlacken.

Auf diese Röstsohle kommt entweder zuerst das Röstbett, eine

[1]) Tunner's Jahrb. X.

:ht von Holz- oder Kohlenstücken, und darauf das gröbste Erz, oder ird zuerst eine schwache Schicht Eisenerz aufgefahren und darauf das Röstbett angelegt. Die Wahl der einen oder anderen Methode :et sich nach der Beschaffenheit der Sohle. Ist dieselbe feucht, so ;t man die zweite Art der Schüttung vorzuziehen. Bei dem weiteren ietzen des Haufens lässt man Schichten von Eisenstein mit Schichten Brennmaterial abwechseln und befolgt dabei meist die Regel, die grö-n Stücke Erz nach unten und in die Mitte zu bringen, das Erzklein ·gen als Decke zu benutzen, mittelst deren veränderlicher Stärke rend des Röstens der Luftzug leicht reducirt werden kann. Die Erz-:hten nehmen von unten nach oben an Stärke zu, die Brennmaterial-:hten nehmen an Stärke ab.

In dem Falle, wo sehr grobe und sperrige Stücke mit geröstet wer-müssen, würde leicht der Luftzug in den grossen Zwischenräumen zu starker werden, und in diesem Falle ist es besser, die kleineren ke mit den groben gemengt zu stürzen. Dass indessen die Ungleich-der Erzstücke auch ein ungleichmässiges Durchrösten zur Folge en muss, ist selbstverständlich.

Ein solcher Haufen ist in Fig. 243 im Durchschnitt abgebildet. Er ein Röstbett von kreuzweis gelegten Holzscheiten und die Erze sind echselnd mit zwei Lagen Holzkohle aufgeschüttet.

Fig. 243.



Eisenstein - Rösthaufen.

Beispiele. Zu Malapane in Oberschlesien röstet man die Sphä-ierite, welche aus der Tertiär-, Keuper- und Juraformation (vergl. bthl. S. 326 u. 327) stammen, in freien Haufen. Die Art und Weise Aufstellung dieser Haufen schildert Herr Hütteninspector Schnacken-g daselbst folgendermaassen:

Auf den möglichst geebneten Boden wird eine circa 0,157 Meter Zoll) hohe Schicht kleiner Holzkohlen gebracht und diese mit einer e 0,078 bis 0,104 Meter (3 bis 4 Zoll) starken Astholzes dicht über-t. Auf dieses Röstbett kommen drei 0,235 bis 0,314 Meter (9 bis 12) starke Lagen Eisenstein, welche jedesmal mit einer 0,157 Meter oll) starken Holzkohlenschicht wechseln. Auf die die dritte Eisenstein-bedeckende Kohlenschicht kommt wieder eine Holzlage (wie beim

Röstbette), dann wechseln noch dreimal Eisenstein- und Kohlenschichten, und schliesslich bildet eine Eisensteinschicht den Kopf des Haufens. Der ganze Haufen erhält die Form einer abgestumpften gleichseitigen Pyramide mit 5,649 bis 6,905 Meter (18 bis 22 Fuss) Seitenlänge der Grundfläche. Die Zündung geschieht am Fusse an möglichst vielen Stellen gleichzeitig und das Feuer theilt sich schnell dem ganzen Haufen mit. Der Haufen wird nun auch äusserlich mit einer 0,078 bis 0,104 Meter (3 bis 4 Zoll) starken Schicht von kleinen Holzkohlen oder Lösche (feinsten abgesiebten Holzkohlenstückchen) überdeckt. Nach drei bis fünf Tagen ist die Röstung beendigt. Ist die Abkühlung hinreichend vorgeschritten, so werden die Eisensteine aus einander gezogen, in faustgrosse Stücke zerschlagen und hierbei die noch nicht durchgerösteten Theile ausgelesen.

Während für die Kohlenlagen stets die Stärke von 0,157 Meter (6 Zoll) festgehalten wird, wechselt man in der Stärke der Eisensteinschichten nach der Grösse der angelieferten Erzstücke. Je grösser dieselben sind, um so schwächer wird die Schicht gemacht. Phosphorfreie Thoneisensteine verlangen eine schwächere Erzlage als phosphorhaltige.

Der Verbrauch an Brennmaterial beträgt im grossen Durchschnitt pro 1 Tonne oder 0,219 Cubikmeter (7 1/2 Cubikfuss) Eisenstein 0,065 Cubikmeter (2,1 Cubikfuss) Holz und 0,087 Cubikmeter (2,8 Cubikfuss) Holzkohle, mithin pro 1 Cubikmeter Erz 0,296 Cubikmeter Holz und 0,396 Cubikmeter Holzkohle.

Das Gedingelohn pro Tonne (0,219 Cubikmeter) gerösteter und zerschlagener Eisensteine schwankt von 1 Sgr. bis zu 1 Sgr. 3 Pf. (pro 1 Cubikmeter also 1 Sgr. 7 Pf. bis 5 Sgr. 8 Pf.), wobei der Tagesverdienst im Sommer 8 bis 8 1/2 Sgr., im Winter noch nicht 7 Sgr. erreicht. Es ist hierbei aber nur ein Transport (Anrücken) der Eisensteine von höchstens 70 Schritt eingeschlossen.

Zu Königshütte am Harz röstete man nach Kerl[1]) kalkige Rotheisensteine von Elbingerode[2]) in abgestumpften Pyramiden von 18,8 Meter (60 Fuss) untere Seitenlänge und 2,82 Meter (9 Fuss Höhe). Die Röstsohle war aus Frischschlacken hergestellt. Zu unterst kam eine 0,157 Meter (6 Zoll) starke Eisensteinschicht, darauf eine ebenso starke Schicht kleiner Holzkohlen und dann abwechselnde Eisenstein- und Kohlenschichten, in der Weise, dass die Steinschichten nach oben bis zu 0,261 Meter (10 Zoll) Stärke zu-, die Kohlenschichten bis zu 0,078 Meter (3 Zoll) Stärke abnahmen.

In ähnlicher Weise röstet man einen nicht unbedeutenden Theil der Thoneisensteine von Süd-Wales (vergl. Abthl. I, S. 286) zu Ebbw Vale, Cwm Celyn, Dowlais und auf anderen Werken. Man schüttet zuerst auf den Boden eine 0,052 Meter (2 Zoll) starke Schicht Steinkohlen, dann eine Lage Eisenstein, meist der Dicke der Eisensteinkugeln entsprechend

[1]) Metall. I, S. 378. — [2]) Vergl. Abthl. I, S. 351.

etwa 0,261 bis 0,314 Meter (10 bis 12 Zoll) stark, darauf Kohlen-
s u. s. f., bis der Haufen in Form einer abgestumpften Pyramide 1,569
1,883 Meter (5 bis 6 Fuss) Höhe erreicht hat. Ein solcher Haufen
nt 8 bis 10 Tage.

Nach zuverlässigen Angaben, welche dem Bearbeiter zu Ebbw Vale
acht worden sind, betragen die Röstkosten:

rbeitslöhnen	beim Setzen	4	Pence	= 3 Sgr.	4 Pf.
	beim Ziehen	1	„	= — „	10 „
rennmaterial	1½ Ctr. = 75 Kil. Kleinkohlen .	2¼	„	= 1 „	10 „
	½ „ = 25 „ Stückkohlen .	1⅕	„	= 1 „	— „
	zusammen circa	8½	Pence	= 7 Sgr.	— Pf.

per 1000 Kil. (20 Ctr.)

An diesen wie an vielen anderen Orten Englands errichtet man oft auch
lange Rösthaufen, welche während des Baues angezündet werden und
einem Ende zum anderen abrösten, so dass man, wie dies bei den
leneisensteinen bereits beschrieben, in einunddemselben Haufen sowohl
g geröstete und im Rösten begriffene, als noch rohe Erze vereinigt hat.
ähnliche Feuerführung findet zu Witkowitz in Mähren statt. Dort
l nach Mayrhofer [1]) auf den geebneten Boden eine 52 bis 79 Milli-
er (2 bis 3 Zoll) dicke Schicht von Kokslösche geschüttet, darüber
mt eine 0,473 bis 0,552 Meter (18 bis 21 Zoll) hohe Schicht des in
gneteisensteinstufen bestehenden Erzes [2]). In dieser Schicht werden die
nannten Feuergruben 1,26 Meter (circa 4 Fuss) vom Rande und 2,53
er (circa 8 Fuss) unter einander entfernt, ausgespart und mit Steinkohlen
Holzspänen gefüllt. Nachdem dieselben angezündet sind, werden sie
Erzstufen haubenartig bedeckt. Auf diese Erzschicht kommt eine
05 Meter (4 Zoll) dicke Kokslöscheschicht, dann eine 0,316 Meter (1 Fuss)
ke Erzlage, hierauf wieder 0,105 Meter dick Lösche und schliesslich
mals eine 0,316 Meter starke Erzlage. Ist der Haufen auf eine ge-
e Länge in dieser Weise fertig, so schliesst man eine zweite ebenso
ldete Abtheilung an und verfährt dann ebenso mit einer dritten Ab-
ung; gleichzeitig mit der Errichtung der letzteren bedeckt man aber
ersten Theil von Neuem mit einer doppelten Lage von 0,105 Meter
oll) starken Kokslöscheschichten und 0,316 Meter (1 Fuss) dicken
chichten. Bei dem Anbau einer weiteren Fortsetzung des Haufens
hrt man mit der zweiten Abtheilung ebenso u. s. f.

Man verbraucht auf 1000 Kilogrm. (2000 Pfund) Erz 0,0056 Cubik-
r (0,182 Cubikfuss [3]) Scheitholz zum Zünden, ferner 7,2 Kilogrm.
Pfund) Mittelkohle [4]) und 37 Kilogrm. (74,2 Pfund) Kokslösche.

In Holling Wood bei Stavely wird nach Herold [5]) Sphärosiderit
,76 bis 4,71 Meter (12 bis 15 Fuss) hohen Haufen unter Zusatz von

[1]) Tunner's Jahrb. Bd. 10, S. 303. — [2]) Vergl. Abthl. I, S. 368. — [3]) Pro
Pfund österr. 0,01 Cubikfuss österr. — [4]) Steinkohle in Stücken von 3 bis 9
zoll. — [5]) Preuss. Zeitschr. für Berg-, Hütten- u. Salinenwesen Bd. III, S. 71.

1 Gewichtstheil Steinkohle auf 4 Gewichtstheile Eisenstein geröstet. Es wird auf dem Röstplatze zuerst ein Bett aus groben Kohlen gebildet, darauf folgen abwechselnd 0,314 bis 0,392 Meter (12 bis 15 Zoll) hohe Eisensteinlagen, bedeckt mit dünnen Schichten Staubkohle. Das Anzünden geschieht vom Fusse aus.

b. Röstung in Oefen.

Im Allgemeinen sind die Erzröstöfen für einen beständigen Betrieb eingerichtet in der Weise, dass von Zeit zu Zeit an ihrem unteren Theile fertig geröstetes Erz ausgezogen und in den oberen Theil rohes Erz eingeschüttet wird, obwohl die Menge des gleichzeitig gezogenen Erzes sehr variirt, und man gleichzeitig bald kaum $^1/_6$ oder $^1/_8$ der ganzen Füllung, bald nahezu den gesammten Inhalt aus dem Ofen entfernt. Nur ausnahmsweise werden Oefen mit vollständig unterbrochenem Betriebe benutzt, d. h. Oefen, welche nach jedem Brande ganz entleert werden und erst wieder abkühlen müssen, ehe eine neue Menge Erz darin geröstet werden kann. Zu den letzteren Oefen gehören die Stadeln, d. h. Oefen von oblongem und zu ihrer Höhe verhältnissmässig grossem Horizontalquerschnitt, welche den Uebergang von den Haufen zu den Oefen bieten, da sie eigentlich nur beständig bleibende Umfassungswände darstellen, welche einen Haufen einschliessen.

α. Röstung in Stadeln[1]).

Anwendung und Vortheile der Stadelröstung. Das Rösten in Stadeln ist nur an wenigen Orten gebräuchlich. Die Stadeln haben den Vorzug gegen die offenen Haufen, dass der Zutritt der Luft besser regulirt werden kann und die Einflüsse der Witterung mehr abgehalten, namentlich auch die Nachtheile einseitig wirkenden Windes abgeschwächt werden, und daher eine gleichmässigere Röstung sowie bessere Ausnutzung des Brennmaterials stattfindet; ohne dass jedoch in diesen Beziehungen die Vollkommenheit der eigentlichen Oefen erreicht würde. Die Stadeln theilen nämlich mit den offenen Haufen in Folge ihres intermittirenden Betriebes die Ausgaben für hohe Arbeitslöhne, welche sich durch die Beschwerlichkeit des Aufschüttens und Ausziehens des Eisensteins in engbegrenzten Räumen hier sogar noch erhöhen, und haben gegen die Haufen ferner den Nachtheil, wegen der erforderlichen längeren Abkühlung mehr Zeit zum Rösten in Anspruch zu nehmen, ausserdem auch die Zinsen des Anlagecapitals und die Reparaturkosten für das Mauerwerk zu beanspruchen. Ihre wichtigste Anwendung finden die Stadeln beim Rösten mulmiger Eisenerze, welche in offenen Haufen sich nicht gut aufschichten lassen und in Oefen zu dicht liegen, um den heissen Gasen den Durchgang zu gestatten.

---

[1]) Man braucht das Wort Stadel in allen drei Geschlechtern. Gewöhnlich sagt man aber die Stadel, und wir haben deshalb auch das Genus femininum beibehalten, obwohl das Neutrum der Analogie nach richtiger sein dürfte. Es soll nämlich wohl ursprünglich dadurch eine abgegrenzte kleine Stätte, ein Stättel, bezeichnet werden.

Einrichtung der Stadeln. Eine Stadel besteht meist aus drei
8 bis 3,76 Meter (6 bis 12 Fuss) hohen festen Mauern. Die vierte
te des Raumes wird nur temporär während des Brandes geschlossen,
bt aber beim Füllen und Ausziehen des Eisenerzes offen. Zuweilen
let man nur zwei parallele Mauern und daher zwei Ein- und Ausfahr-
ungen, welche während des Brandes zugesetzt werden. Zuweilen sind
h vier Wände vorhanden und eine derselben nur von einer schmalen
ür durchbrochen.

Gewöhnlich liegen mehrere Stadeln in einer Reihe neben einander,
dass je zwei eine Wand gemeinschaftlich haben; nicht selten baut man
i Reihen solcher Stadeln an eine gemeinschaftliche Rückwand.

Luftzuführung. Die Wände der Stadeln sind theils mit einer nahe
Sohle gelegenen Reihe von Oeffnungen versehen, welche den Luft-
ritt bedingen und durch deren theilweisen Verschluss (mit lose ein-
etzten Ziegelstücken, seltener durch eiserne Schieber) man die Luft-
nge reguliren kann; theils bringt man mehrere Reihen Luftöffnungen
er einander an.

Es kommen manche Abweichungen von dieser einfachen Luftzufüh-
ng vor: Zuweilen leitet man die Luft in Canälen unter die Sohle und
st sie durch Roste in das Innere der Stadel treten, zuweilen spart man
den Rückwänden der Stadeln Zugessen aus, oder man baut in der Mitte
s Stadelfeldes eine oder mehrere besondere Essen. Letztere werden
tweder aus Ziegelsteinen, welche man in Verband aber mit Zwischen-
umen aufsetzt, oder aus Eisensteinstücken gebaut. Da in allen solchen
llen der die Stadel füllende Eisensteinhaufen mit Canälen versehen sein
uss, welche aus Eisensteinstücken hergerichtet werden und den Zweck
ben, die Communication der von den Seiten oder der Sohle eindringenden
ftströme mit den Zugessen zu vermitteln, so erfordert die Einrichtung
rselben jedesmal so viel Mühe und Arbeitslöhne, dass die Vortheile
r Stadelröstung gegenüber der Haufenröstung durch diese Nachtheile
istens vollständig aufgewogen werden.

Brennmaterial. Wird Kohleneisenstein in Stadeln geröstet, so
larf derselbe keines besonderen Brennmaterials. Bei allen anderen
ensteinen schichtet man das Brennmaterial in ähnlicher Weise abwech-
nd mit dem Erze auf, wie bei den freien Haufen.

Zur besseren Ausnutzung der Wärme bringt man zuweilen nach dem
nahe vollendeten Abrösten einer Stadelfüllung noch einmal oder zwei-
l frische Schichten von Brennmaterial und Erz auf. Man nennt diese
Steiermark gebräuchliche Methode das Doppeln, Dritteln etc.

Mayrhofer[1]) giebt als Durchschnitt an, dass man in einer Röst-
del von 3,79 Meter (12 Fuss) Länge, 2,69 Meter ($8^1/_2$ Fuss) Breite,

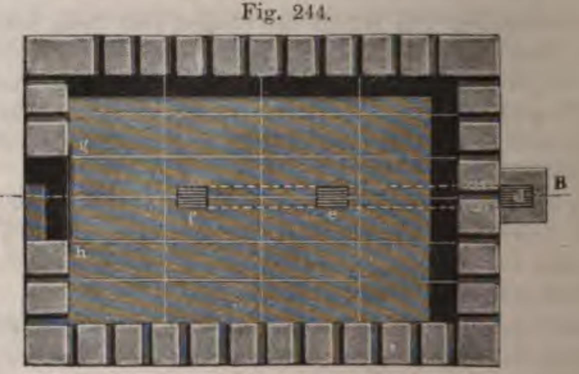
---

1) Tunner's Jahrbuch Bd. 10.

2,84 Meter (circa 9 Fuss) Höhe zu 1000 Kilogrm. (2000 Pfund) thonigem Sphärosiderit (zu $^2/_3$ aus Stufen und zu $^1/_3$ aus Erzklein bestehend) 0,173 bis 0,115 Cubikmeter (5,47 bis 7,3 Cubikfuss) weiches Scheitholz gebraucht habe, oder bei Anwendung von Holzkohlen 6 bis 8 Proc. des Erzgewichtes an Kohle und 0,0575 bis 0,0865 Cubikmeter (1,82 bis 2,74 Cubikfuss) Anzündeholz; doch finden in der Praxis sehr bedeutend abweichende Verhältnisse statt.

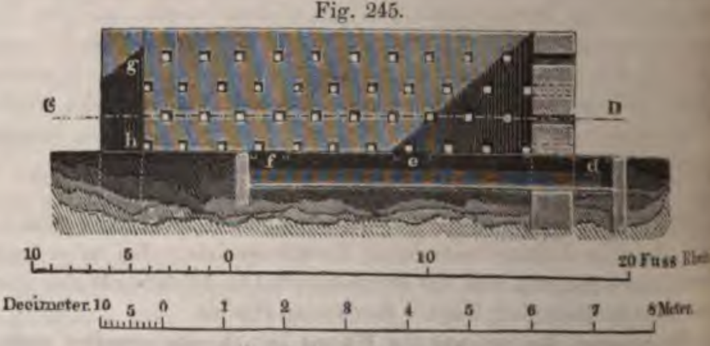
Beispiel. In Ilsenburg am Harz röstet man ausschliesslich Brauneisenerze in Stadeln und unter diesen vorzugsweise die mulmigen Sorten. Eine solche Stadel ist in Fig. 244 im Grundriss und in Fig. 245 im Verticaldurchschnitt abgebildet [1]).

Fig. 244.



Durchschnitt nach *CD*.

Fig. 245.



Durchschnitt nach *AB*.
Ilsenburger Röststadel.

Sie besteht aus vier Umfassungsmauern, deren vordere mit ei[...] 1,41 Meter ($4^1/_2$ Fuss) breiten Oeffnung behuf Zufuhr von Erz [...]

[1]) Die Zeichnungen und die übrigen Angaben verdankt der Bearbeiter der Güte der Herren Oberhütteninspector Schott zu Ilsenburg und Ingenieur Ledebur zu Berlin.

Brennmaterial versehen ist. Die Wände sind von vier Reihen Luftcanälen durchbrochen, welche circa 0,156 Meter (6 Zoll) im Quadrat Querschnitt haben. Die Sohle ist aus eisernen, durch Falze in einander greifende Platten gebildet. Unter der Mitte der Sohle läuft ein Canal hin, welcher von dem mit der Atmosphäre in Verbindung stehenden Roste *d* die Luft durch die zwei Roste *e* und *f* in das Innere der Stadel führt. Die Oeffnung in der Vorderwand wird beim Aufschichten des Erzes nach und nach mit eisernen Platten *h g* verschlossen.

Als Brennstoff dient Quandelkohle, d. h. die kleinste Holzkohle, welche für den Hochofen unbrauchbar ist und schon deshalb ausgehalten [1]) werden muss; nur an den Umfassungswänden benutzt man Reisig, um von dort her durch die Luftcanäle den Verbrennungsprocess einzuleiten. Man fährt, wie bei der Haufenröstung, Erz und Kohlen schichtenweise in der Weise über einander, dass die Brennmateriallagen von unten nach oben an Stärke ab-, die Erzlagen an Stärke zunehmen, lässt aber in der Mitte zwischen Rost *e* und *f* einen schachtförmigen Raum frei, welcher circa 0,471 Meter (18 Zoll) im Quadrat Querschnitt hat und mit Kohle ausgesetzt wird. Nachdem die Stadel bis oben gefüllt worden ist, bringt man von aussen durch die Zugöffnungen Feuer hinein und überlässt den weiteren Röstprocess sich selbst. Von den vorhandenen zwei Stadelöfen fasst der grössere, welcher in den Figuren 244 und 245 dargestellt ist, 90 Fuder à 0,734 Cubikmeter ($23^3/_4$ Cubikfuss) = 66,06 Cubikmeter (2138 Cubikfuss), der kleinere 60 Fuder = 44,03 Cubikmeter (1425 Cubikfuss) Erz. Zum Rösten von je 3,09 Cubikmeter (100 Cubikfuss) Erz gebraucht man 1,11 Cubikmeter (36 Cubikfuss) = 140 Kilogrm. (280 Pfund) Kohle und 13 Stück Reisigbündel, mithin pro 1 Cubikmeter Erz 0,359 Cubikmeter Kohle und $4^1/_5$ Stück Reisigbündel. Die tägliche Arbeitsleistung eines Arbeiters beträgt 5 Fuder = 3,55 Cubikmeter (115 Cubikfuss) Erz; d. h. ein Mann ist im Stande, in der angegebenen Zeit dieses Quantum nebst dem zum Rösten erforderlichen Brennmaterial in die Stadel zu schaffen und ein gleiches Quantum gerösteten Steins aus der zweiten Stadel herauszuholen.

Das Rösten in den Stadeln erfordert einen höheren Aufwand an Brennmaterial, als das Rösten in Oefen auf demselben Hüttenwerke. Die mulmigen Erze lassen aber in Oefen keine gute Röstung zu, und deshalb behält man die Stadelröstung trotzdem bei.

β. Röstung in Schachtöfen.

Die Schachtöfen, in welchen Eisensteine geröstet werden, zerfallen, wie bereits S. 418 erwähnt wurde, in zwei Arten, nämlich solche, in welchen die Erze mit dem zu ihrer Erhitzung dienenden festen Brennmaterial geschichtet aufgegeben werden, und solche, bei denen nur heisse Gase mit den Erzen in Berührung kommen. Im letzteren Falle werden diese Gase

[1]) Unter „Aushalten" versteht der Berg- und Hüttenmann Auslesen und gleichzeitig Ansammeln.

entweder in Form von Verbrennungsproducten aus festen oder gasförmigen Brennmaterialien, welche ausserhalb des Ofens verbrannt worden sind, in den Ofenraum eingeführt, oder es werden gasförmige Brennmaterialien, Hochofen- oder Generatorgase, innerhalb des Ofenraumes, also zwischen den Erzen, verbrannt.

1. Röstung mit eingeschichtetem, festem Brennmaterial.

Die neueren Oefen, bei welchen in abwechselnden Schichten Erze und Brennmaterial aufgegeben werden, sind ausnahmslos auf continuirlichen Betrieb eingerichtet, während die älteren hierher gehörigen Apparate häufig nur einen unterbrochenen Betrieb zuliessen. Der Nachtheil, welcher bei letztgenannter Einrichtung durch die stete Abkühlung des Ofens nach jedesmaliger Röstung herbeigeführt wird, ist zu gross, als dass die Einfachheit der Construction auch nur ein annäherndes Aequivalent dafür bieten könnte.

Die Form und Einrichtung der Oefen, welche auf beständigen Betrieb eingerichtet sind, ist sehr mannigfaltig und unterscheidet sich namentlich in Bezug auf die Anordnung der Zuführungen für die Verbrennungsluft und die Anordnung der Ausziehöffnungen für das geröstete Erz. Andere Unterschiede werden durch die localen Terrainverhältnisse, durch die Art der Erze und des Brennmaterials und das Quantum des durchzusetzenden Eisensteins bedingt, während von dem vorhandenen Ofenbaumaterial die Construction wenig abhängig ist, weil bei der verhältnissmässig geringen Temperatur, welche während des Röstprocesses herrscht, hinreichend standhafte Steine und Ziegeln fast immer zu beschaffen sind.

Form des Ofenschachtes.

Verticalschnitt. Bei den Röstöfen älterer Construction findet man im Verticalschnitt häufig eine dem Hochofen nachgeahmte Schachtform, d. h. eine Erweiterung etwa in der halben Höhe des Ofens und eine Verengung sowohl an der Gicht als im unteren Theile, wie dies z. B. Fig. 246 zeigt. Später pflegte man allgemein eine von geraden Linien begrenzte Form zu wählen und gab bald dem Ofen in allen Theilen dieselbe Weite, bald verengte oder erweiterte man ihn allmälig nach der Gicht zu.

Da man mit verhältnissmässig geringen Temperaturen zu arbeiten hat, welche niemals bis zur Schmelzung des Erzes steigen dürfen, so würde zur Erreichung des Zweckes im Allgemeinen zwar jede Schachtform genügen; da man aber ausserdem auf möglichste Ersparniss an Brennmaterial zu sehen hat, so wird diejenige Ofenform die beste sein, welche die Wärme am besten ausnutzt. Eine möglichst vollständige Wärmeausnutzung findet nur statt, wenn die aufsteigenden heissen Gase ihre Geschwindigkeit allmälig verringern und so Gelegenheit haben, ihre Wärme vollkommen

zu erhitzenden, ihnen entgegenrückenden Erze abzugeben. Dieser
ıng entspricht eine nach oben stetig erweiterte Ofenform.

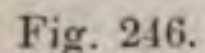


Fig. 246.



Aelterer schlesischer Röstofen.

der That hat auch die Erfahrung gelehrt, dass bei stark verengter
lie Temperatur im oberen Theile des Ofens dermaassen steigen
lass namentlich bei leichtflüssigen Erzen schon dort eine Sinterung
es, in Folge dessen eine unvollkommene Röstung und ein ungleich-
r Niedergang der Erze eintritt.
ır wenn man Erze mit sehr hohem Gehalt an hygroskopischem
zu rösten hat, oder wenn die Erze mulmig sind und daher sehr
egen — beides seltene Fälle — könnte sich eine Verengung der
eshalb empfehlen, weil in jenem Falle die Temperatur des Ofens
Gicht an und für sich schon durch die Verdampfung des Wassers
nd erniedrigt wird, in diesem Falle aber beim Niedergange der
egenden Erze eine nach unten eintretende Erweiterung des Ofens die
tung derselben und damit den Aufgang der Gase erleichtert.
h wie mulmige Erze verhalten sich auch solche Erze, die bei der
ng in sehr kleine Stücke zerspringen, namentlich manche kalk-
Roth- und Magneteisensteine. Um ein zu dichtes Liegen solcher
d des Röstens zerkleinerter Erze zu verhindern, genügt indessen
ine geringe Abweichung der Wände von der verticalen Richtung.
e Höhe der Schachtöfen richtet sich wesentlich nach der
eit der Erze, da hier noch mehr als im Hochofen wegen des nach
östen folgenden Umstürzens eine Zermalmung vermieden werden
Diese Höhe schwankt zwischen 2,5 und 5 Meter (16 und 8 Fuss).

orizontalquerschnitt des Ofenschachtes. Gewöhnlich macht
n Horizontalquerschnitt des Schachtes in allen Theilen kreisförmig,
lten oblong, zuweilen quadratisch, polygon oder oval.

Der kreisförmige Querschnitt hat folgende Vorzüge: Die im Ofen aufsteigenden Gase arbeiten nach allen Seiten hin unter gleichen Verhältnissen, die Röstung wird daher gleichmässig. Ferner ist die Wärmeausstrahlung am geringsten, weil von allen ebenen Figuren der Kreis den grössten Flächeninhalt im Verhältniss zu seinem Umfange hat; endlich ist auch der Ofen bei diesem Querschnitte am haltbarsten herzustellen.

Dagegen darf bei dem kreisförmigen Querschnitte eine gewisse Grösse desselben nicht überschritten werden; es wird sonst die Arbeit des Aufgebens zu schwierig und dadurch leicht der gleichmässige Niedergang des Erzes gefährdet. Ausserdem ist in Betracht zu ziehen, dass die Herstellung eines kreisförmigen Ofens wegen der dazu erforderlichen Steine von besonderer Form am kostspieligsten, und der Raum, welcher von einem solchen Ofen beansprucht wird, am grössten ist.

Ein oblonger Querschnitt hat den Vortheil, bei einer zweckmässig gewählten Breite eine beliebige Länge zuzulassen und daher für jedes Röstquantum eingerichtet werden zu können, ausserdem eine bequeme Beschickung zu gestatten und keine besonders geformten Steine für das Mauerwerk zu erfordern. Dagegen wird die hinreichende Gleichmässigkeit der Röstung nur bei sorgfältiger Beschickung erreicht werden können, auch wird die Wärmeausstrahlung verhältnissmässig gross sein und die nöthige Haltbarkeit des Mauerwerks nur durch grössere Stärke desselben oder durch stärkere Verankerung sich herbeiführen lassen.

Der quadratische Querschnitt ist an sich der schlechteste, denn in den Ecken bleiben die Erze hängen, und es bilden sich dort gewöhnlich Erzanhäufungen, welche unbeweglich als todte Masse im Ofen verbleiben und somit den nutzbaren Querschnitt bedeutend verengen. Nichtsdestoweniger hat man an einigen Orten mit gutem Vorbedachte diesen Querschnitt gewählt. Wenn nämlich die Erze sehr dicht liegen, mithin bei gleichmässiger Vertheilung in einem kreisförmigen Querschnitte den Heizgasen nur schwierig den Aufgang gestatten, so befördern dagegen die lockeren Erzanhäufungen in den Ecken eines quadratischen Raums den Zug an diesen Stellen; und wenn man nun derartig beschickt, dass die gröberen, locker liegenden Stücke in die Mitte kommen, die kleineren und dichter liegenden dagegen in die Ecken, so erreicht man dadurch eine Gleichmässigkeit der Röstung, welche in runden oder stark oblongen Oefen nicht zu erzielen ist. Jedenfalls ist indessen dieser Querschnitt auch unter solchen Umständen nur bei kleineren Dimensionen anwendbar.

Polygone Querschnitte stehen in Bezug auf Brauchbarkeit zwischen den quadratischen und kreisförmigen. Mit ersteren theilen sie die Schwierigkeit richtiger Beschickung und die Leichtigkeit der Bauart, mit letzteren die Gleichmässigkeit des Erzniederganges und die Festigkeit der Construction in um so grösserem Grade, je mehr sie sich der einen oder der anderen Form annähern.

In einzelnen Fällen macht man den unteren Theil des Schachtes quadratisch und den oberen kreisförmig. Man schliesst dann den oberen

heil mittelst eines polygonen Ueberganges an den unteren an. Solche efen finden sich im Siegerlande.

Luftzuführungs- und Ausziehöffnungen der Röstöfen. Die effnungen, welche zur Luftzuführung dienen, und diejenigen, welche an zum Ausziehen des fertig gerösteten Materials benutzt, können nicht trennt betrachtet werden, da zwar nicht alle Luftzuführungsöffnungen m Ausziehen der Erze benutzt werden, durch alle Ausziehöffnungen er Luft in den Ofen gelangt. Beiderlei Arten von Oeffnungen sind dem recke des Ofens entsprechend stets an seiner Sohle oder wenigstens an nem untersten Theile angebracht. Höher hinauf gelegene Oeffnungen uf Zuführung von atmosphärischer Luft zur Verbrennung des in tie- en Theilen gebildeten Kohlenoxyds sind öfters versuchsweise, aber sel- mit Erfolg angewendet worden, weil die Menge des Kohlenoxyds gen die übrigen Gasarten und den Wasserdampf zu sehr zurücktritt, d ausserdem die dadurch an den Wänden des Ofens hervorgerufenen alen Temperaturerhöhungen Ungleichmässigkeiten in der Röstung und rungen im Gange hervorrufen.

Die Luft wird entweder durch ungetheilte Oeffnungen, die dann stets ichzeitig Ausziehöffnungen sind, oder durch Roste, welche dann nur in zelnen Fällen beide Zwecke gleichzeitig erfüllen, zugeführt. Im letzte- n Falle bildet der Rost meistentheils die Sohle des Ofens. Man unter- heidet hiernach Röstöfen mit und ohne Rost.

Röstöfen ohne Rost.

Die Röstöfen ohne Rost findet man in England ganz allgemein, ja inahe ausschliesslich; in Deutschland wiegen diejenigen mit Rost vor.

Die Zahl der Auszieh- und Luftzutrittsöffnungen der Oefen ohne st richtet sich nach ihrer Form. Oefen mit oblongem Querschnitt halten meist eine, solche von quadratischem Querschnitt zwei, diejenigen t rundem Querschnitt drei oder vier derartige Oeffnungen. Die Sohle s Ofens ist nach den Ausziehöffnungen zu geneigt und hat daher theils Gestalt einer einfachen schiefen Ebene, theils die Form eines Sattels, ils die einer flachen Pyramide.

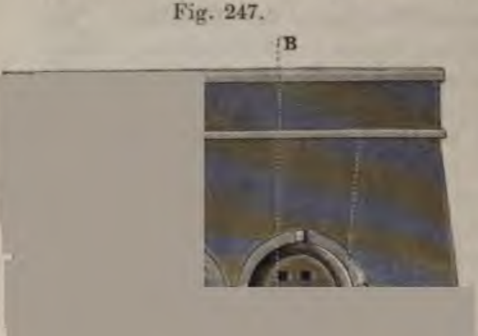
Oblonge Röstöfen. In Fig. 247 und Fig. 248 (a. f. S.) sind Röstöfen e Rost, wie sie in Dowlais (in Süd-Wales) zum Rösten von Sphäro- riten aus der Steinkohlenformation [1]) gebraucht werden, abgebildet.

Fig. 247 ist eine äussere Ansicht von vorn, in welcher die punktir- Linien die Grenzen des inneren Ofenraumes bedeuten, während . 248 einen Verticaldurchschnitt nach der Linie *AB* zeigt. Diese en haben einen oblongen Horizontalschnitt und einen allmälig nach n erweiterten Schacht. Sie besitzen nur an einer Seite Ausziehöffnungen

[1]) Vergl. Abthl. I, S. 286.

und nach dieser Seite hin ist der in der Regel mit gusseisernen Platten belegte Boden etwas geneigt. Die Ausziehöffnungen, welche also hier

Fig. 247. Fig. 248.





Vorderansicht. Verticalschnitt nach *AB* der Fig. 247.

Eisenstein-Röstofen von Dowlais.

Fuss 10 5 0 5 10 15 20 25 30 Fuss Pr.

Fuss 10 5 0 5 10 15 20 25 30 Fuss Engl.

Decimt. 10 5 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 Meter

zugleich die Luftzutrittsöffnungen sind, nehmen beinahe die ganze Breite der vorderen Seite ein oder sind durch einen Haupt- und zwei Nebenpfeiler in vier Abtheilungen, *c c*, getrennt. Sie sind nach oben durch ein flaches Gewölbe, oder, wie Fig. 248 zeigt, durch Eisenbalken abgeschlossen. Darüber setzt sich die Vorderwand auf eine gewisse Höhe nur in der Stärke des Schachtfutters fort, und in diesem Theile sind mehrere Oeffnungen *b b* angebracht, welche zwar hin und wieder auch zur Regelung des Luftzutrittes benutzt werden, gewöhnlich aber nur als sogenannte Störräume dienen, deren Zweck weiter unten beim Betriebe des Röstens erläutert werden wird.

Die schmalen Wände der Oefen, welche je zwei an einander stossenden Rösträumen gemeinschaftlich sind, haben wie die langen Wände einige Neigung nach innen, so dass sich auch in dieser Richtung der Schacht von der Sohle nach der Gicht zu allmälig erweitert. In der Mitte der Sohle ist eine sattelförmige Erhöhung angebracht, welche bewirkt, dass das Erz gleichmässig nach den beiden Paaren der Ausziehöffnungen hinrollt.

In Fig. 249 und Fig. 250 sind zwei rechtwinklig zu einander stehende Verticalquerschnitte der inneren Räume von Röstöfen zu Ebbw Vale, in Fig. 251 und Fig. 252 ebensolche Querschnitte der Röstöfen zu Ponty-

ool in Süd-Wales abgebildet. In diesen beiden Constructionen hat der Ofen oder vielmehr jede Ofenabtheilung drei Ausziehöffnungen, und

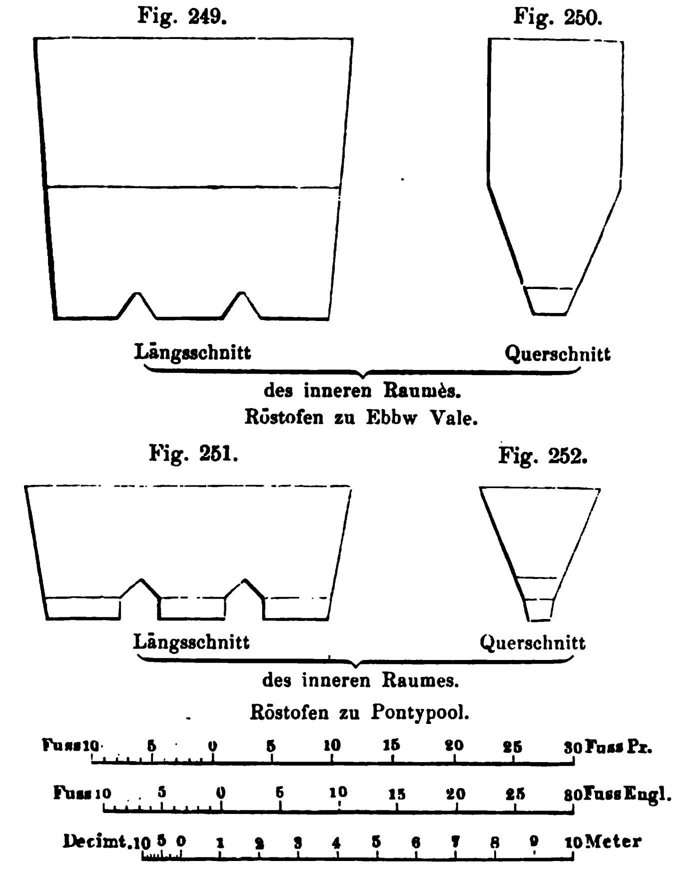


Fig. 249. Fig. 250.

des inneren Raumes. Röstofen zu Ebbw Vale.

Fig. 251. Fig. 252.

des inneren Raumes. Röstofen zu Pontypool.

e Schachtquerschnitte unterscheiden sich in Form und Dimensionen von nen der zu Dowlais befindlichen Röstöfen, haben aber wie jene einen longen Horizontalquerschnitt.

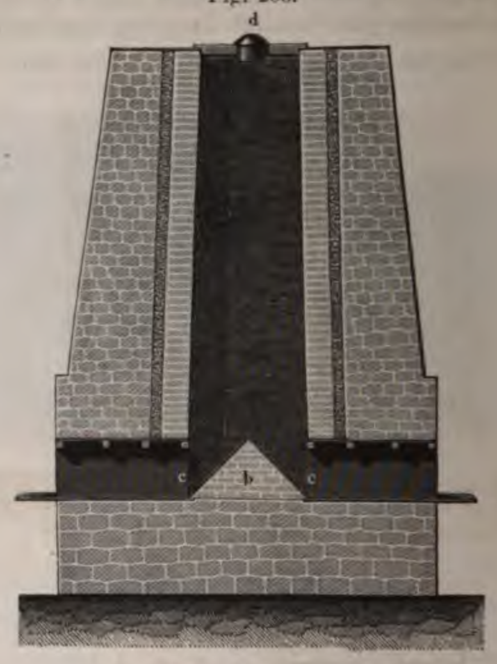
Quadratische Röstöfen. In Fig. 253 und Fig. 254 (a. f. S.) ist ein istofen ohne Rost mit quadratischem Horizontalquerschnitte des Schach- dargestellt, wie solche zu **Ilsenburg** am **Harze** angewendet werden.

Fig. 253 ist ein Verticaldurchschnitt nach der Linie *AB*, Fig. 254 obere Ansicht. Der Schacht ist nach oben etwas zusammengezogen, die in kleinen Brocken aufgegebenen, daher sehr dicht liegenden theisenerze [1]) bei ihrem Niedergange aufzulockern.

Die Sohle besteht aus einem gemauerten Dache *b*, welches nach den

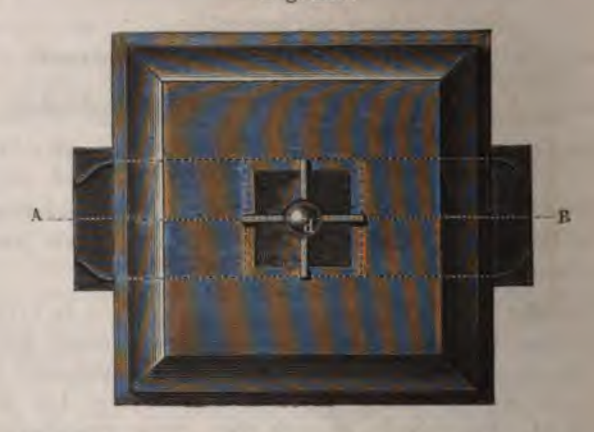
[1]) Vergl. Abthl. I, S. 351.

Fig. 253.



Verticalquerschnitt.

Fig. 254.



Zoll 12 6 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 Fuss Pr.

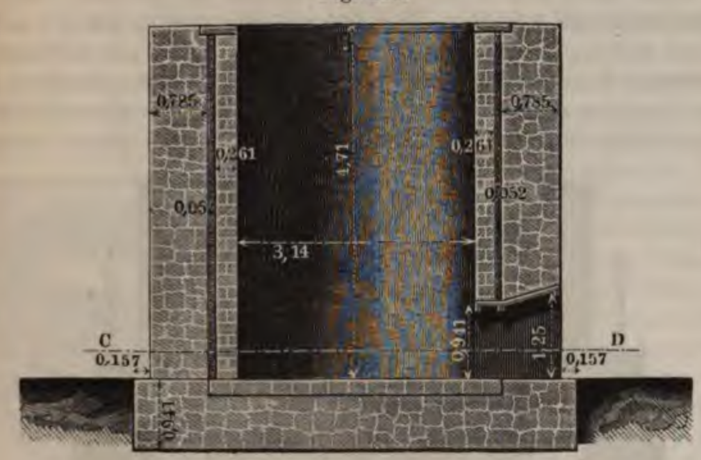
Decimet. 10 5 0 1 2 3 4 Meter.

Obere Ansicht.

Röstofen zu Ilsenburg am Harz.

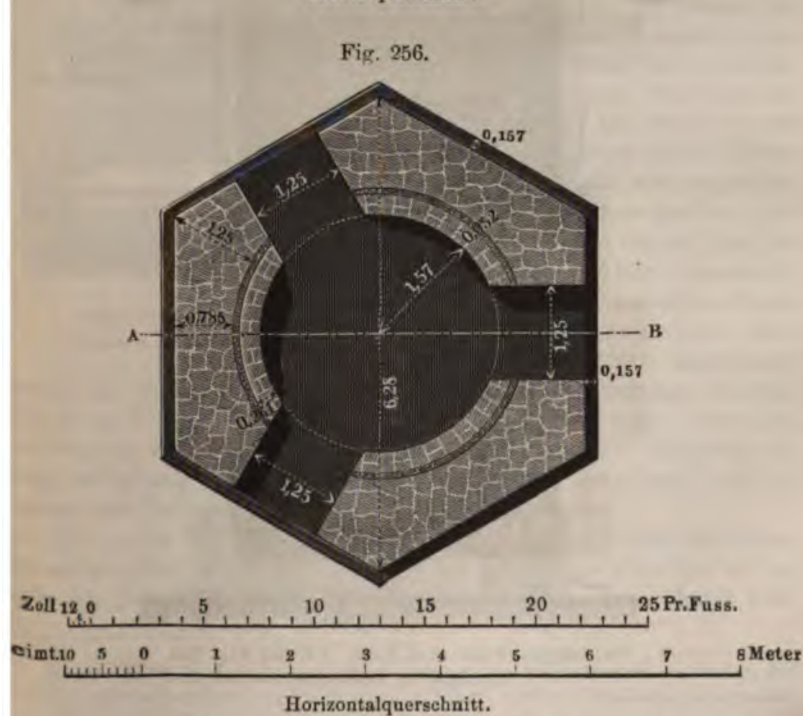
en die ganze Breite des Ofenschachtes einnehmenden Ausziehöffnun- cc abfällt. Die Ausziehöffnungen sind rings von eisernen Platten

Fig. 255.



Verticalquerschnitt.

Fig. 256.



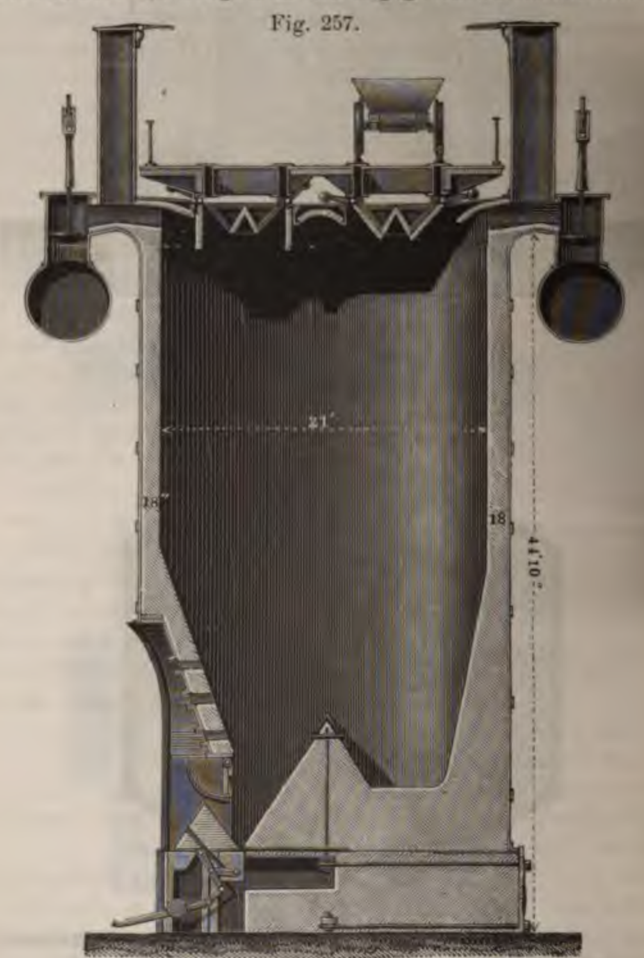
Horizontalquerschnitt.

Röstofen zu Charlottenhütte bei Siegen.

eingefasst, von denen die unteren über das Ofengemäuer hinaus vorspringen, um den Wagen, worin das Erz zum Ofen geschafft wird, Raum zu gewähren und ihre Beladung zu erleichtern.

Kreisförmige Röstöfen. Fig. 255 und Fig. 256 (a. vor. S.) stellen einen zur Röstung von Spatheisenstein [1]) dienenden Ofen mit vollkommen cylindrischem Schachte und ebener Sohle dar, welcher drei Ausziehöffnungen in dem äusserlich sechseckigen Gemäuer besitzt. Solche Oefen werden zu Charlottenhütte bei Siegen in den angegebenen Dimensionen benutzt.

Fig. 257.



Verticalquerschnitt nach Linie *AB* der Fig. 258.
Röstofen zu Cleveland.

[1]) Vergl. Abthl. I, S. 332.

die ebene Sohle scheinbar das Herausziehen der Erze beeinträch- ist dies doch in Wirklichkeit nicht der Fall. Es bildet sich viel- ›im Betriebe auf der Sohle bald ein Kegel oder vielmehr ein drei- Prisma von Erz, welches wenig verändert wird, stetig liegen bleibt f dessen Flächen das herabsinkende geröstete Erz beim Ziehen zu fnungen hinabgleitet.

ihrend die Dimensionen der Röstöfen ohne Rost sich gewöhnlich Grenzen der bisher mitgetheilten Beispiele bewegen, hat man für Erze von sehr fester Beschaffenheit weit grössere Verhältnisse angewendet. So ist auf den Cleveland-Eisenwerken zur Röstung der dortigen Lias-Erze [1]) von Borrie ein Ofen construirt, welcher in Fig. 257 und Fig. 258 abgebildet ist [2]). Derselbe hat einen cylindrischen Schacht von 6,40 Meter (20,4 Fuss) Durchmesser und 12,2 Meter (38,8 Fuss) Höhe im Innern. Der Ofen fasst 550 tons = 558 800 Kilogrm. (11 176 Ctr.) Erze und producirt 150 bis 200 tons = 152 400 bis 203 200 Kilogrm. (3048 bis 4064 Ctr.) Röstgut per Tag. Die drei Ausziehöffnungen liegen behuf leichterer Verladung der gerösteten Erze circa 1,83 Meter (5,8 Fuss) über der Hüttensohle. Sie sind mit Schiebern versehen, welche zur Oeffnung behuf Herausnehmens des Erzes nicht wie gewöhnlich aufwärts gezogen, sondern abwärts gelassen werden, so dass also das Erz über die Oberkante dieses Schiebers hinausrollt. Ueber jeder Ziehöffnung ist eine in Zapfen hängende, für gewöhnlich durch einen Riegel verschlossene Platte angebracht, im Falle Versetzungen oder Störungen im Ofengange eintreten, ›nn Reparaturen nöthig sind, geöffnet werden kann. Die Gicht ıs ist mit Klappen verschlossen, welche sich beim Chargiren des elbstthätig öffnen [3]). Die Gase entweichen durch zwei Essen, in sich Ventile zur Regulirung des Zuges befinden.

Fig. 258



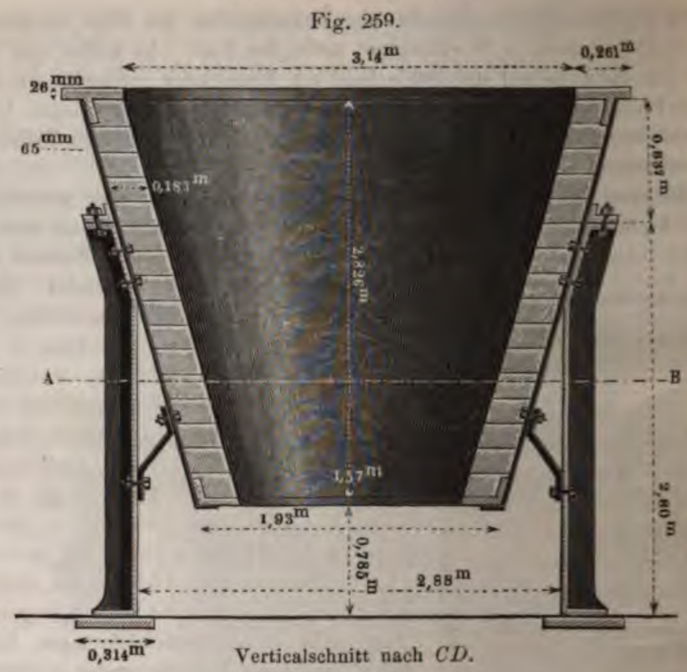
Ialbe obere Ansicht. östofen zu Cleveland.

ıe ganz besondere Art von Oefen ohne Rost bilden diejenigen, ›hen die Sohle ganz fehlt, die daher unten ganz offen sind und an er Sohle eine einzige dem Schachtquerschnitte entsprechende Zieh-

---

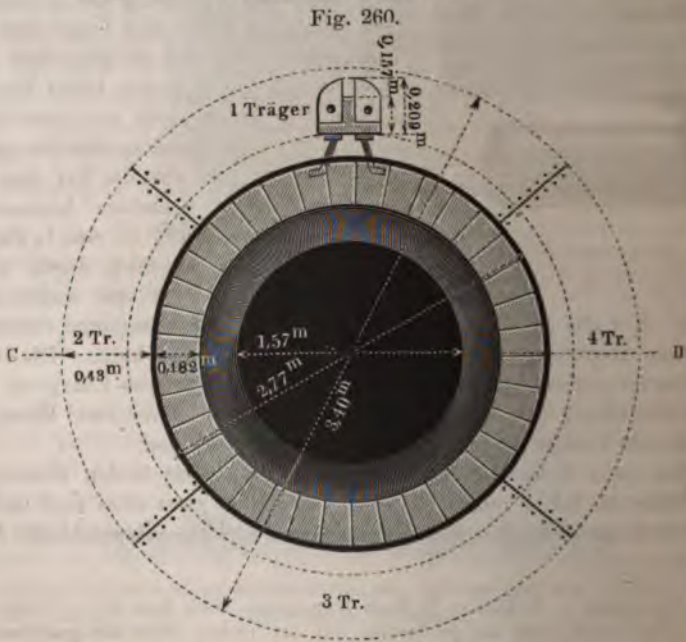
gl. Abthl. I, S. 282. — [2]) Nach Berggeist 1870. Nro. 4. — [3]) Fig. 257 der linken Seite die geöffneten, auf der rechten Seite die geschlossenen

Fig. 259.



Verticalschnitt nach *CD*.

Fig. 260.



Horizontalquerschnitt nach *AB*.

Röstofen zu Rolandshütte.

nung besitzen. Ein solcher Ofen mit einem nach oben erweiterten, im rizontalquerschnitt kreisförmigen Querschnitt, wie er bei Rolands-tte bei Siegen in Thätigkeit ist, findet sich in Fig. 259 und Fig. 260 gebildet.

Der ganze Ofen, welcher in einen eisernen Mantel von der Form es umgekehrten abgestumpften Kegels eingebaut ist, wird von vier ägern gehalten, von denen in Fig. 260 nur einer ausgezeichnet ist, d steht im Uebrigen ganz frei, so dass er von allen Seiten leicht zu-nglich ist. Das Ausziehen des Erzes geht bei dieser Ofenform sehr cht von Statten; obwohl es freilich auch Aufmerksamkeit erfordert, nicht viel Erz mit einem Male zu entfernen und dadurch möglicher Weise n ganzen Ofen mit einem Male zu entleeren.

Röstöfen mit Rost.

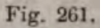
Zuweilen setzt man bei Röstöfen, welche während des Betriebes ne Rost arbeiten, behuf ihrer Anwärmung einige Roststäbe wenige iss hoch über der Sohle ein, und entfernt diese wieder, wenn die gentliche Röstung beginnt. Diese Oefen gehören daher mehr zu r vorigen Gruppe. Sie fanden sich früher häufig im Siegerlande, sind er neuerdings auch dort fast alle anderen Constructionen gewichen, chdem man eingesehen hat, dass ein sehr starkes Vorwärmen vor der betriebsetzung durchaus überflüssig ist.

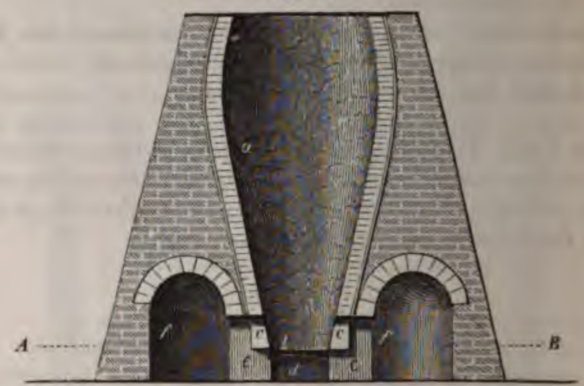
Bei solchen Oefen, bei welchen auch die eigentliche Röstarbeit mit eibehaltung eines Rostes betrieben wird, hat der letztere eine sehr ver-hiedene Form. Theils ist es ein Planrost, d. h. ein Rost, bei wel-em die ihn bildenden Stäbe horizontal neben einander in einer Ebene gebracht sind; theils liegen die Stäbe geneigt, bald einen Kegel, bald Dach bildend; theils liegen sie horizontal, aber in einer schiefen ene. Die letzte Art von Rost nennt man bekanntlich Treppenrost.

Röstofen mit Planrost. Ein Ofen mit einfachem Planrost, wie er einzelnen Werken in Schlesien zum Rösten von Sphärosideriten ge-uchlich ist, findet sich in Fig. 261 und 262 (a. f. S.) abgebildet. *b* ist Rost. Das gut geröstete Erz wird durch die Oeffnung *c* herausgezogen l in dem Raume *ff* abgekühlt. Im Aschenfall *d* sammelt sich neben he immer eine nicht unbedeutende Menge Erzstaub an.

Sind die Erze fest und hat der Schacht cylindrische Form, so ist zuwei-der Nachfall beim Ziehen zu stark. Man hat dann diese Arbeit dadurch erleichtern und zu regeln gesucht, dass man jedesmal die fertig gerö-e Erzpartie auf nachstehende Weise von dem übrigen Erze abtrennt: n schlägt vor dem jedesmaligen Ziehen etwa 0,628 Meter (2 Fuss) hoch r dem eigentlichen Roste einen zweiten Rost ein, für den die nöthigen ken bereits vorhanden und die Oeffnungen zum Hineinschieben der tstäbe im Mauerwerk ausgespart sein müssen. Dann nimmt man den eren Rost fort und lässt den zwischen beiden Rosten befindlichen

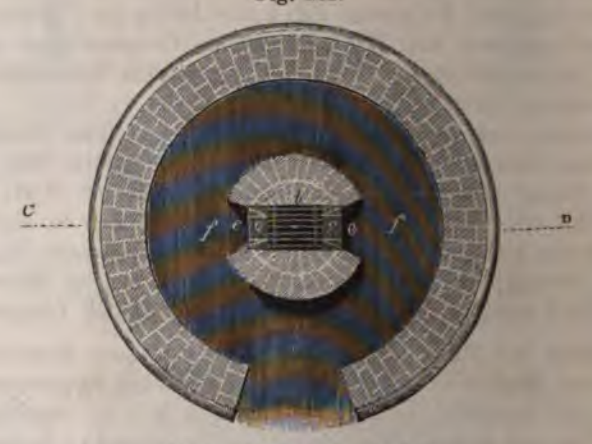
Eisenstein auf die Sohle des Ofens fallen, schlägt nun von Neue[r]
unteren Rost ein und zieht den oberen heraus u. s. f. Doch mach[t]


Fig. 261.



Verticalschnitt nach *CD*.

Fig. 262.



Horizontalschnitt nach *AB*.
Röstofen mit Planrost.

solche Methode, welche man eine Zeit lang in der Gegend von
ausführte, so viel Mühe und Arbeit, dass sie nicht für zweckmäs[sig]
erkannt werden darf.

Die Dimensionen des Rostes sollten sich ganz nach denen de[s]
richten; da indessen eine hinreichende Haltbarkeit der Roststä[be]
grosser Länge nur durch unverhältnissmässige Stärke derselben
werden kann, so begnügt man sich fast immer mit einer Breite[n-]
Längendimension von 0,628 bis 0,785 Meter (2 bis $2^1/_2$ Fuss), und
stützt selbst dann noch den Rost durch einen Querbalken, so das[s]

ungen entstehen. Wendet man schmiedeiserne Roststäbe an, so man diese wohl in zwei Abtheilungen so, dass sie mit ihren an 'ragebalken zusammenstossenden Enden auf ein umgekehrtes n [1]) zu liegen kommen.

i sehr grossen Oefen hat man auch den ganzen unteren Raum des lurch eine mit Eisenplatten dachförmig abgedeckte Theilungsmauer t und zwei besondere Roste angeordnet.

5stofen mit Treppenrost. Um eine hinreichende Grösse der rittsöffnungen zwischen den Roststäben beizubehalten und doch st nicht mit der ganzen Last der niederrückenden Erzsäule zu eren, wendet man Treppenroste an. Einen Ofen mit Treppenrost, für schwefelkiesreiche Spatheisensteine [2]) von Wagner zu Maria-istruirt ist, zeigt Fig. 263. Der Ofen hat 3,793 Meter (12,08 Fuss) ınd 2,845 Meter (9,06 Fuss) innere Schachtweite. Die beiden

Fig. 263.

Röstofen mit Treppenrost.

ıöffnungen *a* sind mit einer gusseisernen Platte *b b* armirt, welche ch vorn in eine Schnauze verengt und einen aufwärtsstehenden at. Ueber jederAusziehöffnung liegen drei gusseiserne Rostbalken che zusammen den Treppenrost bilden.

---

[1]) Tunner's Berg- u. Hüttenm. Jahrb. X, S. 307. — [2]) Vgl. Abthl. I, S. 365.

Röstöfen mit Kegelrosten und Schweinerücken. Um das Herausrollen der Erze beim Ziehen zu begünstigen ohne die Roststäbe zu sehr zu belasten, hat man die letzteren öfters geneigt gestellt und bei kreisrunden Oefen dadurch einen kegelförmigen Rost (Kegelrost) erhalten, bei länglichen Oefen aber einen dachförmigen Rost (Schweinerücken).

Fig. 264.



Kegelrost.

Ein Kegelrost ist in Fig. 264 abgebildet. Die Roststäbe werden durch den eisernen Hut *a* zusammengehalten. Zu Neudeck in Böhmen, wo man einen solchen Rost angewendet hat, ist derselbe circa 1 Meter hoch und eben so breit an ʼer Basis. Der Ofen, in welchem er ngebracht ist, hat einen 4,71 Meter (15 Fuss) hohen Schachtraum, len oberen zwei Dritteln cylinderförmig bei 2,04 Meter (6½ ᵏ . und im unteren Drittel bis auf 1,25 Meter (4 Fuss) D‥ ogen[1]). Er ist mit drei gleichmässig rings herum v nungen versehen.

Den Schweine telrost hat man z. B. in Mägdesprung angewendet[2]). Röstöfen haben einen 5,57 Meter (17 Fuss 9 Zoll) hohen r an der Gicht 1,36 Meter (4 Fuss 4 Zoll) weit ist, sich 1 er (10 Fuss) im Kohlensack erweitert und am Boden bi er (4 Fuss) zusammengezogen ist. 0,78 Meter (2½ Fuss) nsohle befinden sich zwei Ausziehöffnungen von 0,55 Meter (1 Fuss 9 Zoll) Höhe und 0,94 Meter (3 Fuss) Breite, zwischen welchen ein 1,25 Meter (4 Fuss) breiter und 0,55 Meter (1 Fuss 9 Zoll) hoher gusseiserner Sattelrost liegt.

Alle solche schrägen Roste bieten allerdings eine grössere Festigkeit gegen das Zerbrechen, als Planroste, aber die Abnutzung der Ro[ste] beim Ziehen ist doch eine sehr bedeutende. Da die Erfahrung gele[hrt], dass ein genügender und hinreichend regulirter Luftzutritt dur[ch] Ausziehöffnungen stattfindet, so ist man bei den Oefen, welche mit [ein]geschichtetem Brennmaterial betrieben werden, fast allgemein auf die solidere und einfachere Construction mit fester Sohle zurückgekommen.

Nur wenn wegen grossen Reichthums der Erze an Schwefelkies ein sehr starker Luftzutritt erforderlich ist, muss man trotz der angeführten Nachtheile Roste anwenden, aber man wählt dann am besten Treppenroste.

Röstöfen mit innerem Schacht.

Eine ganz besondere Art bilden die Röstöfen mit innerem Luftschachte. Es ist schon bei der Haufenröstung darauf hingewiesen worden,

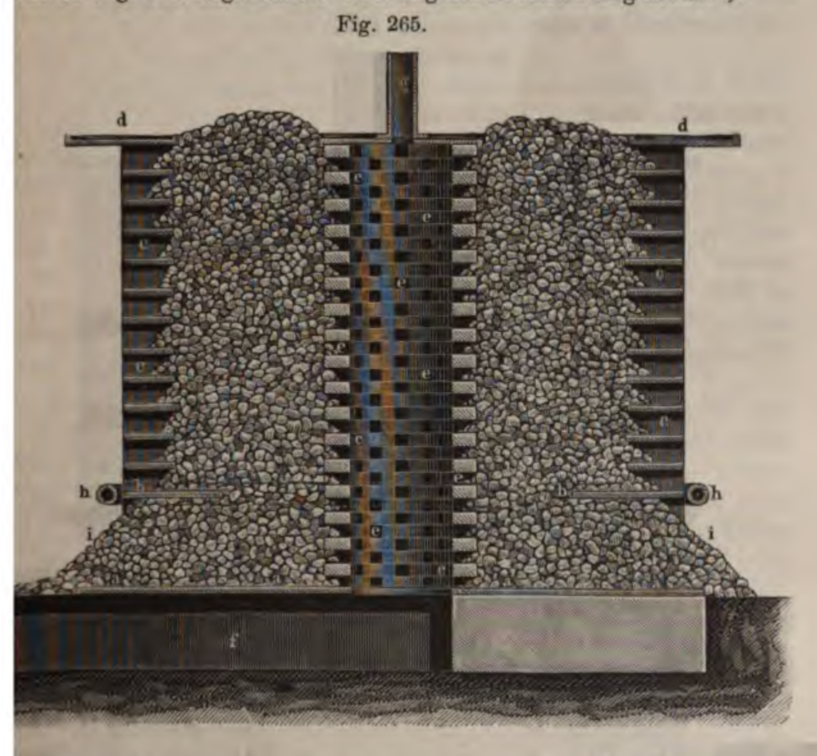
---

[1]) Scheerer, Metall. Bd. II, S. 74. — [2]) Berg- u. Hüttenm. Zeit. 1854. S. 405.

s man zur Beförderung des Luftzuges im Inneren des Haufens zuwei- kleine, aus Ziegeln oder Erzstücken gebildete, von Luftöffnungen rchbrochene Schächtchen errichtet, und ferner, dass bei den Ilsenburger deln Luft durch die Sohle ins Innere des Röstgutes geleitet werde. hnlich sind auch die Einrichtungen bei Schachtöfen.

Von dem bereits mehrfach als eifrigen Beförderer der Fortschritte Rösten erwähnten Bergrath und Director zu Mariazell, Wagner, ein in Fig. 265 abgebildeter Ofen folgender Einrichtung erbaut [1]).

Fig. 265.



Röstofen zu Mariazell (Verticaldurchschnitt).

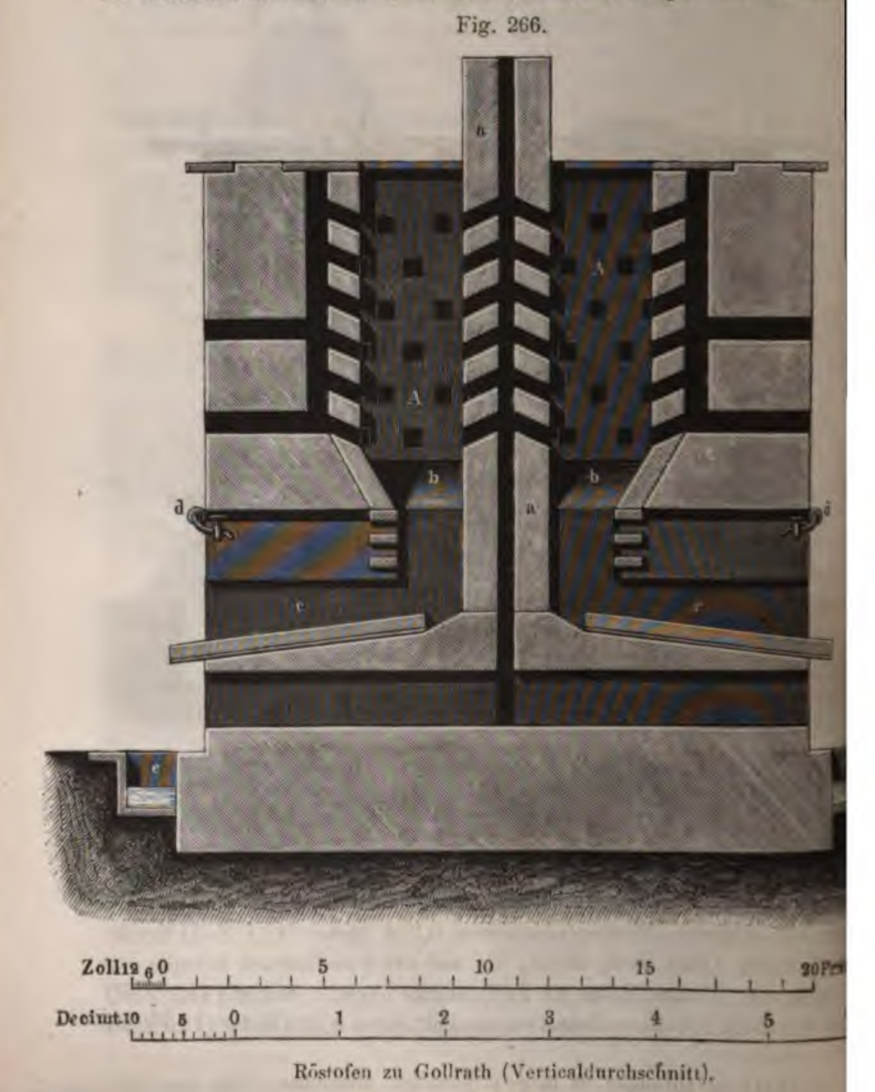
Auf acht kleinen Mauerpfeilern von 0,316 Meter (12,1 Zoll) Breite 0,527 Meter (20,1 Zoll) Höhe, die auf der gusseisernen Scheibe *a a* en, liegt der 0,026 Meter (1 Zoll) starke, 0,632 Meter (24,2 Zoll) ite eiserne Ring *bb*; über demselben sind elf Stück 0,316 Meter (12,1 Zoll)

[1]) Rittinger, Erfahrungen im berg- u. hüttenm. Maschinen-, Bau- und Auf- itungswesen. 1860. S. 38.

breite Ringe angebracht, welche getragen und von einander getre
werden durch je acht, den unteren entsprechende Mauerpfeiler cc. J
Ring hat einen inneren Durchmesser von 2,84 Meter (9,06 Fuss),
mithin dem Schachtdurchmesser des ganzen Ofens entspricht, und be
aus vier Segmenten. Nach oben schliesst ein zwölfter mit aufstehe
Rändern versehener Ring *dd* von grösserer Breite den Ofen ab.

Im Inneren des Ofens befindet sich ein 0,632 Meter (24,2 Zoll)
ter Schacht aus 0,158 Meter starken (6zölligen) Ziegeln bis zur Ofen

Fig. 266.



Röstofen zu Gollrath (Verticaldurchschnitt).

eführt. Die Umfassungsmauer dieses Schachtes ist in jeder Ziegelreihe sechs abwechselnd stehenden Oeffnungen *e e* versehen, welche 0,079 er (3 Zoll) Weite im Quadrat haben. Die Luft wird durch einen 2 Meter (24,2 Zoll) breiten, 5,69 Meter (18,13 Fuss) tiefen Canal *f* führt, und die Gase ziehen theils durch die Erze, theils durch die ne Esse *g* ab.

Ein rings um den Ofen laufendes Rohr *h h* liefert das Wasser zum ühlen der bei *i i* gezogenen Erze.

Von weniger kostspieliger und wohl dauerhafterer Construction ist in der Gollrath zu Gusswerk Mariazell ganz in Mauerwerk erete Ofen, welcher in Fig. 266 abgebildet ist [1]).

A A sind zwei Räume von oblongem Horizontalquerschnitt, je 19,91 r (63,44 Fuss) lang und 0,948 Meter (3,02 Fuss) breit. Eine hohle idewand *a a* trennt beide, während jeder derselben in seiner Längseckung durch 0,632 Meter (24,2 Zoll) breite dachförmige Mauern *b* im unteren Theile in zehn Abtheilungen von je 1,34 Meter (4,28 Fuss) ge getheilt ist. Jede Abtheilung hat eine mit eiserner Sohlplatte verne Ziehöffnung *c*, in welcher die glühenden Eisensteine durch Wasser dem Rohre *d* abgekühlt werden. Das überschüssige Wasser läuft in Behälter *e*. Die Luft tritt zum grossen Theile durch die zahlreichen ile, welche in den Aussenwänden und der Scheidewand angebracht in das Innere des Ofens.

Diese Ofenarten gestatten einen sehr reichlichen Luftzutritt und r die möglichst vollständige Entschwefelung der Erze, namentlich diese in sehr kleinen Stücken zum Rösten kommen. Sie theilen Vortheile der offenen Haufen und der Oefen, insofern sie, wie jene, e Oxydation gestatten und zugleich, wie diese, die Wärme besser itzen.

Das Mauerwerk der Röstöfen. Der Schacht oder Röstraum des fens wird am besten von feuerfesten Ziegeln umgeben, obwohl die eratur im Ofen der Regel nach nur so hoch steigt, dass auch geliche gute Lehmziegeln genügen. Diese den Kernschacht bildenden ln macht man durchschnittlich 0,235 bis 0,261 Meter (9 bis 10 Zoll)

Den Kernschacht umgiebt man zuweilen direct mit einem Eisenmantel. Dies ist zwar die einfachste Construction, aber zugleich diejenige, welche in Folge starker Transmission den grössten Wärmeit mit sich führt und daher den grössten Brennmaterialaufwand ert. Eine derartige Construction zeigt der in Fig. 259 und 260 444 abgebildete Röstofen von Rolandshütte in Siegen.

Man zieht es aus dem angegebenen Grunde meistens vor, den Kernht durch eine weitere Ummauerung, den Rauhschacht, vor bedeuten-

[1]) Kerl, Metall. Hüttenk. III, S. 127.

[illegible] und theils um dieser Wirksamkeit [illegible] der ungleichen Ausdehnung des Kern- und Rauhschachtes [illegible] legt man zwischen beiden Mauerwerken [illegible] Sand, auch wohl blos Luft [illegible] Den Rauhschacht stellt man aus Bruchsteinen [illegible] und versieht ihn, wenn nöthig, mit einem [illegible] legt man in demselben Canäle an, welche die An[illegible] und ihm eine bessere Ausziehung bis [illegible] Einrichtung zeigen z. B. die Seite [illegible] wo einige senkrechte Räume [illegible] verbunden sind. Man giebt de[illegible] Rauhschacht [illegible] Querschnitte des Röstraumes entsp[illegible] Form. [illegible] Querschnitte des Röstraumes macht man [illegible] weil dadurch der Bau erleichtert w[illegible]

In dem Kern- und Rauhschachte müssen die nöthigen Oeffnungen für das Ziehen und den [illegible] ausgespart sein, aber der Rauhschacht [illegible] bis auf die Ziehöffnung herab, sondern [illegible] wie dies z. B. Fig. 247 und 248 auf Seite [illegible] zeigen. In dem [illegible] leicht zugänglichen [illegible] Theile des Kernschachtes befinden sich die Störräume, [illegible] etwa entstehende Versetzungen im Ofen vermittelst der Brechstange zu beseitigen. Diese Störräume, welche in Fig. [illegible] sind, werden mit eisernen Sch[illegible] [illegible] Mauerwerk an ihren Rändern beim Arbeiten mit der Brechstange nicht verletzt wird.

Allgemeine Anordnung der Röstöfen. Ist der Ofen an mehreren Seiten mit Ziehöffnungen versehen, so muss er wenigstens im unteren Theile ganz frei liegen. Hat dagegen der Ofen nur an einer Seite Oeffnungen zum Ziehen der Erze, so kann man ihn bequem an eine Böschung des gewachsenen Bodens anlehnen und erlangt da, wo es die Niveauverhältnisse erlauben, die Annehmlichkeit, die Erze von ihren Lagerplätzen oder Förderstellen direct zur Gicht des Röstofens fahren, und weiterhin die gerösteten Erze aus der tiefen Sohle zum Hochofen befördern zu können, ohne eine Umladung vornehmen zu müssen. Wenn die Sohle des Röstofens ungefähr im Niveau der Hochofengicht liegt, so erspart man jedes Heben der Materialien. Ein solches Arrangement findet sich nicht selten bei den Werken in Süd-Wales, wo die Sturzbühne der Schächte zur Förderung von Eisenstein und Kohle auf dem Hochplateau liegt: Die Materialien gelangen auf sanft absteigender Fläche zu den Haufen, in denen sie der Verwitterung ausgesetzt werden, dann direct in die Gicht der bereits am Abhange der Thäler gelegenen Röstöfen, deren Sohle im Niveau der Hochofengicht liegt, während die Sohle des Hochofens sich gerade noch so hoch über dem Niveau der Thalsohle befindet, um ein bequemes Ausstürzen des fertigen Roheisens in die Eisenbahnwaggons und Canalschiffe

gestatten. Ist auch das Terrain nicht überall so günstig wie dort, so
ss man doch die natürliche Bodenbeschaffenheit in dieser Beziehung so
l als möglich auszubeuten suchen.

In anderen Fällen befördert man die Erze auf einer geneigten Ebene
r Gicht des Röstofens, da verticale Aufzüge, wie wir sie später für den
chofen kennen lernen werden, bei der geringen Höhe der Röstöfen
ten mechanisch vortheilhaft sind.

Aufgebevorrichtungen für die Beschickung des Röstofens.
s Aufgeben der Erze und Brennmaterialien geschah früher allgemein
ttelst Körben (Schwingen) oder Kästen. Bei dem jetzigen beschleunig-
en Betriebe der Röstung in grösseren Oefen genügt dies nicht mehr.
n stürzt die Erze daher direct aus den Wagen, in denen sie aus der
ube gefördert oder von der Halde herangeschafft werden, in den Röst-
en. Die Wagen sind zu diesem Zwecke entweder mit beweglichem
den oder beweglichen Seitenwänden versehen, oder sie werden ganz
d gar umgekippt. Die für beide Fälle zu treffenden Einrichtungen
hren bei der Beschickung des Hochofens, wo sie von grösserer Bedeu-
ng sind, wieder und werden daher an jener Stelle beschrieben werden.

Obwohl die Art und Weise des Aufgebens von grosser Bedeutung
r den Verlauf der Röstung ist, so begnügt man sich doch in den mei-
n Fällen damit, dem Arbeiter die richtige Vertheilung des Materials
überlassen. Nur zuweilen bedient man sich mechanischer Hülfsmittel,
lche diese Arbeit von Menschenhand unabhängig machen. Diese Hülfs-
ittel sind meist mit den Wagen, aus denen das Material in den Ofen ge-
ngt, in der Art combinirt, dass z. B. die Form des beweglichen Bodens die
rtheilung des Erzes bedingt; zuweilen sind sie aber auch fest mit dem
fen verbunden. So hat man z. B. in Ilsenburg auf den in Fig. 253
d 254 Seite 440 dargestellten Röstöfen ein gusseisernes Kreuz ange-
acht, dessen Arme durch einen runden Knopf *d* zusammengehalten sind.
an hatte hier anfänglich Schächte mit kreisförmigem Horizontalquer-
hnitte, fand aber, dass das Erz in diesen zu dicht liege; als man nun die
tzigen Oefen mit quadratischem Horizontalquerschnitte gebaut hatte,
gab sich der entgegengesetzte Nachtheil, nämlich eine zu grosse Locker-
it des Erzes in den Ecken. Erst nachdem man das Kreuz aufgelegt
t, welches bewirkt, dass die Beschickung mehr in die Ecken rollt, liegt
eselbe in allen Theilen des Ofens gleich locker, und die Röstung geht
ch Wunsch von Statten.

Selten wird die Gicht ganz geschlossen und nur dann geöffnet, wenn
e Beschickung in den Ofen gelangt, wie dies in Fig. 257 Seite 442 an-
geben ist.

Brennmaterial zum Rösten des Eisensteins in Oefen. Das zum
sten erforderliche Brennmaterial wird zwischen die Erze geschichtet,
so abwechselnd mit jenen aufgegeben. Bei der niedrigen Temperatur,
lche im Allgemeinen für den Röstprocess nothwendig ist, wählt man

fast stets die Abfälle von demjenigen besseren Brennmateriale, welches man zum Hochofenbetrieb verwendet; also wo letzterer mit Holzkohlen geschieht: die davon abgesiebte Holzkohlenlösche; wo dagegen der Hochofen mit Koks oder Steinkohlen betrieben wird: das von diesen abfallende Klein. Ist mit dem Werke ein Flammofenbetrieb oder eine Dampfkesselanlage verbunden, so benutzt man gleichzeitig die durch den Rost fallenden Zünder (*Cinders*). Man siebt die kleinen Stückchen dieser Brennmaterialien am besten in einem doppelten, rotirenden Drahtsiebe einmal von den grösseren, anderweitig verwerthbaren Stücken, zugleich aber auch von dem, selbst im Röstofen unbrauchbaren, feinen Staube ab.

Man wendet meist diejenigen Stücke an, welche nicht mehr durch Maschen von 9 Millimeter ($^1/_3$ Zoll) und noch nicht durch Oeffnungen von 20 Millimeter ($^3/_4$ Z [illegible] V[illegible]en. Bei Zündern geht man auch bis zu 3,3 Millimeter ($^1/_8$ [illegible]weite herunter.

1 Gewichtstheil Koksl[illegible]e nach der Güte (namentlich nach der Reinheit von Asche) 10 bis [illegible] Durchschnitt 20 bis 30 Gewichtstheile Erz.

1 Gewichtstheil Holzk[illegible]ägt ebenso viel, wenn dieselbe nicht staubartig ist; im letztere[illegible]r $7^1/_2$ bis 10 Gewichtstheile Erz.

1 Gewichtstheil Steinkohlen [illegible]ägt 5 bis 10 Gewichtstheile Erz[2].

Austrocknung der Rö[illegible] Nach dem Bau der Oefen erfolgt deren Austrocknung. Früher [illegible] man, wenn der Ofen keinen Rost hatte, zu diesem Zwecke besondere Roststäbe an und erhitzte das Innere des Mauerwerks bis zur Rothglut, ehe man zum Füllen des Ofenschachtes mit abwechselnden Erz- und Brennmaterialschichten schritt. Jetzt begnügt man sich meist damit, die Feuchtigkeit aus dem Gemäuer zu treiben, indem man etwas Brennmaterial auf einem besonderen vor der Ziehöffnung erbauten Roste verbrennt und dann sofort mit der Füllung des Ofens unter Beimengung von ziemlich reichlichen Mengen Brennmaterial beginnt. Es erfolgen zwar nach dieser zweiten Methode anfangs

---

[1]) Nach Mayrhofer, Tunner's Jahrb. X, S. 308.

[2]) Zu Rolandshütte bei Siegen röstet man z. B. in dem Fig. 259 und 260 S. 444 abgebildeten Ofen pro Gewichtseinheit eines aus gleichen Volumtheilen gemengten Gemisches von Zündern und Kokslösche circa 20 bis 26 Gewichtstheile Erz (Spatheisenstein); nämlich mit 3 bis 4 Scheffel, à $1^7/_9$ Cubikfuss = 5,3 bis 7,1 Cubikfuss (0,165 bis 0,220 Cubikmeter) Zünder, und einem gleichen Volumen Kokslösche täglich zehn Wagen oder 40000 Pfd. (20000 Kilogrm.) Spatheisenstein.

Auf den übrigen Siegenschen Werken braucht man pro Wagen von 4000 Pfd. (2000 Kilogrm.) Eisenstein circa 1 bis 1,1 Scheffel = 1,78 bis 1,94 Cubikfuss (0,055 bis 0,060 Cubikmeter) oder wenig mehr an Zündern und Kokslösche, es trägt mithin 1 Gewichtstheil Brennmaterial 20 bis 30 Gewichtstheile Erz.

In Ilsenburg braucht man zum Rösten von kalkigen und kieseligen Rotheisensteinen in dem Fig. 253 und 254 S. 440 abgebildeten Ofen auf 3,091 Cubikmeter (100 Cubikfuss) Erz durchschnittlich 1,030 Cubikmeter ($33^1/_3$ Cubikfuss) Quandelkohlen (kleinste Holzkohlen), d. h. 1 Gewichtstheil Holzkohle trägt 32,3 Gewichts- Erz.

r schlecht geröstete Erze, aber dieser Nachtheil wird aufgewogen durch
n bedeutend geringeren Verbrauch an Brennmaterial. Ist der Ofen mit
st versehen, so verbrennt man auf demselben zum Zwecke des Aus-
cknens Holz oder Kohlen bei beschränktem Luftzutritt. Beim Wieder-
betriebsetzen eines schon gebrauchten Röstofens bedarf es der Aus-
cknung nicht. Man schüttet dann Reisig oder Holzabfälle auf den
den, füllt den Ofen mit abwechselnden Schichten von Erz und Brenn-
terial und zündet ihn einfach durch die Ziehöffnungen oder den Rost
n unten an.

Arbeiten an dem Röstofen während der Röstung. Die Arbeiten
im Rösten selbst beschränken sich auf das Aufgeben, das Ausziehen
d die Beseitigung etwaiger Störungen während des Röstprocesses.

Vom Aufgeben hängt der gute Betrieb eines Röstofens mehr ab, als
an gewöhnlich denkt. Eisenerze und Brennmaterialien werden abwech-
lnd schichtenweis aufgegeben. Man füllt den Ofen auf diese Weise, sobald
rch das Herausziehen eines Theiles Erz aus dem unteren Theile oben
um geworden ist, bis zur Gicht an, und giebt dann nur in dem Maasse
nes Material auf, als in Folge der Verbrennung der Kohle die Ober-
che der Beschickung niedersinkt. Hierbei ist darauf zu achten, dass
ts zu oberst eine Erzschicht und keine Brennmaterialschicht liegt. Es
nämlich nicht vortheilhaft, anders zu verfahren und die Brennmaterial-
e längere Zeit mit der atmosphärischen Luft in Berührung zu lassen,
sie sich dann leicht entzündet und die hierdurch erzeugte Wärme
sstentheils ungenutzt mit den Röstgasen aus dem Ofen zieht, und da
eitens hierdurch eine in der Nähe der Gicht nicht wünschenswerthe
e Temperatur und ein unregelmässiger Gang der Röstung herbeigeführt
rd. Nur in dem Falle, in welchem man die Gicht des Ofens verschlos-
hält, wie bei dem Röstofen in Cleveland [1]), ist es gleichgültig, ob
hle oder Erz zu oberst liegt.

Die im Ofenschacht aufsteigenden Gase wählen den Weg, welcher
en am wenigsten Hindernisse bietet. Liegt die Beschickung in allen
eilen des Ofenquerschnittes gleich dicht, so ist der Weg an den Ofen-
nden hinauf der kürzeste, wird also auch unter der genannten Voraus-
zung von den Gasen vorgezogen werden. Um nun aber die Wärme,
lche von den Heizgasen an die zu röstenden Substanzen abgegeben
rden soll, statt dieselbe ausschliesslich an die Wände zu leiten, viel-
hr gleichmässig über den ganzen Querschnitt des Ofens in jedem
eile des Schachtes auszunutzen, ist es nöthig, den Ofen so zu be-
icken, dass die grösseren, daher locker liegenden Stücke in die Mitte
mmen, die kleineren, dichter liegenden aber an die Wände. Indessen
nn man hierbei wieder zu weit gehen, wie dies der Seite 453 mit-
theilte Fall von Ilsenburg darthut. Die richtige Vertheilung der Mate-

[1]) Siehe Seite 442.

rialien muss daher für jede Erzgrösse und Ofenform durch die Erfahrung festgestellt werden.

Diese Vertheilung geschieht gewöhnlich durch das Auseinanderziehen der in den Ofen gestürzten Materialien mittelst eiserner Kratzen oder Harken; doch kann man, wie erwähnt, auch durch richtig angewendete mechanische Hülfsmittel eben dasselbe mehr oder weniger vollkommen erreichen und macht sich dann unabhängiger von der Geschicklichkeit und der Aufmerksamkeit der Aufgeber.

Das Ausziehen (der Auszug, Erzzug, *taking*), das Herausnehmen des fertig gerösteten Erzes aus dem Ofen ist eine sehr einfache Arbeit, welche nur die Aufmerksamkeit verlangt, zur rechten Zeit mit derselben aufzuhören, damit nicht ungeröstetes oder zu schwach geröstetes Erz aus dem Ofen komme. Beginnt man [illegible]iehen, so ist das zuerst aus dem Ofen gelangende Erz meist ziemlich oder ganz kalt, weil das zu unterst befindliche Brennmaterial in der Zeit der Ruhe zwischen zwei aufeinander folgenden Erzzügen leicht Gelegenheit fand, ganz auszubrennen; das nachfolgende Erz ist aber noch warm und nimmt an Temperatur zu, je höher die Ofentheile liegen, aus denen es stammt. Man pflegt im Allgemeinen so lange zu ziehen, bis glühendes Erz und damit noch brennendes, also unverzehrtes Brennmaterial erscheint. Sobald unten gezogen ist, wird der Ofen oben wieder bis zur Gicht nachgefüllt. Wie viel Erz gleichzeitig gezogen wird, hängt von der Betriebsmethode ab. Zieht man jedesmal den Gesammtinhalt des Ofens, so wird der Betrieb ein unterbrochener (intermittirender). Es kommt aber auch vor, dass nur beinahe die ganze Füllung des Ofens mit einem Male aus dem Ofen gelangt, so z. B. in Ilsenburg, und dann hat man eine Zwischenart zwischen intermittirendem und continuirlichem Betriebe. Rationeller ist es freilich, die Ofenhöhe so einzurichten, dass nur immer etwa $^1/_4$ bis $^1/_5$ der Ofenfüllung herausgenommen wird, weil dann die Abkühlung des Ofens keine zu starke, also die Ausnutzung der in den Ofenwänden aufgespeicherten Wärme eine bessere ist. Eine immerwährende allmälige Ausleerung im unteren Theile des Ofens und ein ebenso stetiges Nachfüllen an der Gicht wäre allerdings für die Ausnutzung der Wärme das Richtigste, aber es würde damit eine sehr unvortheilhafte Arbeitstheilung verknüpft sein. Man benutzt nämlich die Röstarbeiter zugleich zum Scheiden der rohen Erze, zum An- und Abfahren und dergl. mehr, was sie bei nicht ganz fortlaufendem Betriebe in den Zeiten zwischen jedesmaligem Aufgeben und Ziehen sehr gut besorgen können. Uebrigens pflegt man gern die Nachtarbeit, welche stets nur als Nothbehelf dienen sollte, da sie überall unvortheilhafte Leistungen giebt, ganz zu vermeiden, und deshalb Abends die Oefen ganz voll, ja übervoll zu laden und erst am nächsten Morgen wieder zu ziehen.

Störungen im Betriebe des Röstofens kommen einmal dadurch vor, dass der Ofen zu kalt geht; dann muss das noch nicht fertig geröstete

: wieder aufgegeben werden. Um dies zu vermeiden, andererseits aber n zu hohen Brennmaterialaufwand zu umgehen, stellt man die Arer am besten auf Accord nach dem Gewichte gut gerösteten Eisenns, und gleichzeitig auf Prämie für Brennmaterialersparniss. Wesenter sind nämlich ferner die Störungen, welche durch zu hohe Tempeir, also zu hohen Brennmaterialaufwand, hervorgerufen werden. Solche ungen geschehen zuweilen auch ohne Schuld der Arbeiter namentlich kohlenstoffhaltigen Erzen, vor Allem bei den Kohleneisensteinen, deren lenstoffgehalt oft unvorhergesehener Weise wechselt. In diesen Fällen ert das Erz, es bilden sich kieselsaure Salze, und es entsteht hieraus doppelter Nachtheil. Erstens erhält der Hochofen, statt durch Rösten ckerter, leicht reducirbarer Erze, hieraus dichte, glasige, schwer reduare Materialien, welche oft schwieriger zu behandeln sind, als die en, ungerösteten Eisensteine: so dass eine solche Röstarbeit nicht nur en Vortheil, sondern erhebliche Uebelstände für die Weiterbehandlung Erze mit sich bringt. Zweitens aber entsteht für den Röstbetrieb st der Nachtheil, dass sich im Ofen Versetzungen bilden, welche den dergang der Erze hemmen, oder zuweilen ganz verhindern. Solche mpen gesinterter Erze müssen gestört werden, wie man in der Praxis sagen pflegt. Man bricht sie mittelst Brechstangen, welche man theils ch die Ausziehöffnung, theils durch die Störräume (Seite 452) in das re des Ofens führt, aus einander. Das Stören allein kann indessen l zufällig eingetretene Hindernisse für den Augenblick beseitigen, zur ütung der Wiederkehr des Sinterns muss aber ausserdem die Bekung durch Abbrechen an Brennmaterial geändert werden. Am leichn entstehen solche Sinterungen, wenn man gleichzeitig verschieden- zusammengesetzte Erze zu rösten hat. So kommen z. B. zu Ilsen- kalkhaltige Erze und kieselige Erze zur Röstung, die oft in denselStücken vereinigt sind und daher gemeinschaftlich geröstet werden en. Die Temperatur, welche für die ersteren kaum zu hinreichender ung genügt, ruft bei letzteren schon eine Sinterung hervor. Es daher Regel sein, verschiedenartige Erze womöglich nicht zusammen östen. Uebrigens kann es, wie bereits früher (S. 417) erwähnt wurde, dings Fälle geben, wo die Nachtheile einer (schwachen) Sinterung wogen werden von den Vortheilen einer kräftigen Röstung.

Bei mulmigen Erzen kommt zuweilen ein Ersticken des Feuers in e mangelnden Luftzuges vor. Man sticht dann, wenn die Abkühlung nicht zu sehr vorgeschritten ist, von oben mittelst einer Brechstange er in die Beschickung, bis der Zug wieder hergestellt ist.

Bei Oefen mit Rost ist natürlich für Reinhaltung des letzteren zu en, damit der Luftzutritt ungehindert und gleichmässig stattfinde. e Oefen eignen sich daher am wenigsten für das Rösten von Erzen, e viele kleine Theile enthalten, oder in solche beim Erhitzen zergen.

Production der Röstöfen. Die Grösse der Production eines Röstofens hängt im Wesentlichen nicht von dessen Höhe, sondern von der Grösse seines Horizontalquerschnittes ab, mit welchem sie ungefähr im geraden Verhältnisse steigt. Die Zeitdauer, welche ein Erz zu seiner Röstung verlangt und welche mit der Menge der auszutreibenden Stoffe, der Dichtigkeit der Substanz u. s. w. wächst, hat bei passender Construction des Ofens keinen Einfluss auf die Grösse der Production. Bei gleicher Ausnutzung der Wärme wird ein schwerer zu röstendes Erz zwar einen höheren Ofen und einen grösseren Brennmaterialaufwand verlangen, mithin länger im Schachte des Röstofens verweilen und einer höheren Temperatur ausgesetzt sein müssen, als ein leichter zu röstendes Erz; aber die Grösse der Production sinkt nicht mit wachsender Höhe des Ofens, da aus hohen Oefen in gleichen Zeiträumen ein ebenso grosses Quantum fertig gerösteten Erzes gezogen werden kann, wie bei niedrigen Oefen, wenn nur die erzeugte Temperatur, d. h. die Menge des Brennmaterials ausreicht. Ja im Gegentheil wird bei gleichem Brennmaterialaufwand ein höherer Ofen eine grössere Production zulassen, da die Wärme in demselben besser ausgenutzt wird, als in einem niedrigen Ofen.

Von Einfluss auf den Gang des Ofens und dadurch auf die Production ist ferner die Anlage der Ziehöffnungen; denn je länger das eigentliche Ziehen dauert, um so mehr wird der ruhige Betrieb unterbrochen. Aus diesem Grunde empfiehlt sich die Anlage möglichst zugänglicher Ziehöffnungen.

Die Production einzelner Oefen giebt hiernach natürlich niemals ein Anhalten für einen allgemeinen Durchschnitt, bildet jedoch eine Grundlage für einzelne analoge Fälle, und aus diesem Grunde werden nachstehend einige Beispiele von Resultaten der Röstarbeit angeführt werden.

Beispiele über die Production einiger Röstöfen. Das Rösten der Eisensteine im Siegerlande. Die Abtheilung I, Seite 332 beschriebenen Erze des Siegerlandes bestehen zu mehr als der Hälfte (circa 55 Proc.) aus Spatheisensteinen, im Uebrigen aus Brauneisenerzen, und zum geringsten Theile aus Rotheisenstein. Die meisten Spatheisensteine werden an Ort und Stelle geröstet, sei es, dass sie auf den Hochöfen der dortigen Gegend verschmolzen, sei es, dass sie nach Westphalen und anderen Landestheilen versendet werden. Die fremden Hüttenwerke haben auch dann, wenn sie nicht eigene Bergwerke besitzen, oft eigene Röstöfen, um nicht genöthigt zu sein, bereits gerösteten Eisenstein anzukaufen, weil es sehr schwierig ist, einen Eisenstein nach der Röstung in Bezug auf seine Qualität richtig zu beurtheilen.

Die Brauneisensteine werden gar nicht, von den Rotheisensteinen nur die sehr dichten und festen Eisenglanze behuf mechanischer Auflockerung geröstet.

Die Erze, denen als Gangart Quarz, als taubes Gestein der Thonschiefer (*Coblenzschiefer*), in dem die Gänge auftreten, als Verunreinigungen aber

uptsächlich Kupferkies, seltener Bleiglanz, ganz untergeordnet Fahlerz d Arsenkies beigemischt sind, werden zuerst in faustgrosse Stücke zerlagen und unterliegen hierbei einer Handscheidung.

Man kann [1]) fünf Arten von Röstöfen unterscheiden: Die erste Art t einen Rost, welcher zum Anwärmen dient und beim Betriebe entfernt rd; die vier anderen entbehren eines solchen Rostes ganz. Diese vier ten haben nun: entweder einen cylindrischen Schacht, aber ein besonres nach unten verengtes quadratisches Gestell und zwei Ziehöffnungen; er zweitens einen ganz cylindrischen Schacht und drei Ziehöffnungen, d in beiden Fällen einen ebenen Boden; oder drittens einen cylindrischen hacht und einen conischen Boden (mit zwei oder drei Ziehöffnungen); er endlich einen conischen Schacht, wie er in Fig. 444 abgebildet ist, bei der ganze Boden gleichzeitig Ziehöffnung ist.

Als Brennmaterial dient Koksabfall in Stücken von 8,7 bis 19,6 Millietern ($^1/_3$ bis $^3/_4$ Zoll) mit Zündern vermischt.

Zu Charlottenhütte, wo man den Seite 441 abgebildeten und nen ebenso construirten aber nur 2,19 Meter (7 Fuss) Durchmesser im hacht haltenden Ofen benutzt, röstet man mit ersterem täglich zehn agen Erz (à 40 Centner) = 400 Ctr. (20000 Kilogrm.) mit 10 Scheffeln $1^7/_9$ Cubikfuss) = 17,8 Cubikfuss (0,549 Cubikmeter) Brennmaterial; dem kleineren Ofen täglich sechs Wagen = 240 Ctr. (12000 Kilogrm.) t 6 Scheffeln = 10,6 Cubikfuss (0,329 Cubikmetern) Brennmaterial. An stelohn werden pro Wagen Erz $7^1/_2$ Sgr. bezahlt, wobei indessen die eidekosten für den zu verhüttenden Brauneisenstein inbegriffen sind.

In Rolandshütte, wo der S. 444 abgebildete Ofen arbeitet, röstet n täglich zehn Wagen = 400 Ctr. (20000 Kilogrm.) Erz mit 6 bis 8 effeln = 10,6 bis 14,2 Cubikfuss (0,329 bis 0,439 Cubikmetern) Brennterial, halb aus Zündern, halb aus Kokslösche bestehend. An Röstelohn den 5 bis $5^1/_2$ Sgr. pro Wagen Erz gegeben.

Auf der Grube Storch und Schöneberg bei Gosenbach röstet man Spatheisenstein in Oefen, welche ein oblonges Gestell von 0,627 ter (2 Fuss) Breite, 1,25 Meter (4 Fuss) Tiefe und 0,783 Meter ($2^1/_2$ ss) Höhe haben. Der 3,29 Meter ($10^1/_2$ Fuss) hohe, 1,88 Meter (6 Fuss) te cylindrische Schacht ist mit dem Gestell durch eine 1,57 Meter Fuss) hohe, allmälig aus dem kreisförmigen in den viereckigen Quernitt übergehende Rast verbunden. In jedem dieser Oefen werden lich sieben bis acht Wagen = 280 bis 320 Ctr. (14000 bis 16000 ogrm.) Erz mit 9 bis 10 Scheffeln = 16 bis 17,8 Cubikfuss (0,494 0,549 Cubikmetern) Kokslösche bei 5 bis 6 Sgr. Röstelohn pro Wagen chgesetzt.

Zu Hainer-Hütte röstet man in 1,57 Meter (5 Fuss) weiten, 3,29 ter (15 Fuss) hohen Oefen täglich nur fünf Wagen = 200 Ctr.

---

[1]) Nach Bülovius' handschriftl. Mittheilungen.

(10000 Kilogrm.) Erz und braucht pro Wagen $1\frac{1}{2}$ Scheffel = 2,6 Cubikfuss (0,082 Cubikmeter) Zünder.

Es steigt also im Allgemeinen die Production mit der Weite der Oefen, und der Brennmaterialverbrauch steigt mit der Abnahme der Production.

Das Rösten zu Ilsenburg am Harze[1]). In Ilsenburg röstet man sowohl die Roth- und Magneteisensteine der Abtheilung I, Seite 351 beschriebenen Lagerstätten vom Büchenberg und Tännchen bei Elbingerode, als auch den im Hochofen gebrauchten Zuschlagskalkstein, in den Seite 439 abgebildeten Oefen, deren fünf unmittelbar an einander gebaut sind. Vier Oefen haben je zwei Ausziehöffnungen, der fünfte nur eine rechtwinkelig zu jenen gelegene. Gichtsohle ist mit dem Erzplatze durch eine Brücke verbunden, die Sohle der Ziehöffnungen liegt 0,94 Meter (3 Fuss) über der Hüttensohle, so dass eine directe Verladung in Förderwagen geschehen kann, welche das Röstgut zu einem Walzwerke führen. Beim Betriebe wird das Erz täglich einmal — nach Umständen auch in Pausen von mehreren Tagen gezogen. Die Production an geröstetem Stein beträgt täglich circa 2,16 Cubikmeter (70 Cubikfuss), und auf 3,09 Cubikmeter (100 Cubikfuss) Erz von je 37,5 bis 40 Kilogrm. (75 bis 80 Pfund) Gewicht werden durchschnittlich 1,03 Cubikmeter ($33\frac{1}{3}$ Cubikfuss) = 130 Kilogrm. (260 Pfund) Holzkohlenklein verbraucht. Ein Arbeiter bedient je zwei Oefen.

Das Rösten der Sphärosiderite in Süd-Wales[2]). Die im Steinkohlengebirge von Süd-Wales vorkommenden Thoneisensteine (vergl. Abthl. I. der Eisenhüttenkunde, S. 286), welche mit dem Ausdruck *native mines* bezeichnet werden, unterwirft man sämmtlich vor der Verwendung im Hochofen einer Röstung, nachdem eine Verwitterung[3]) vorausgegangen ist. Obwohl die Röstung in freien Haufen noch nicht ganz verdrängt ist, so nimmt doch die Röstung in Oefen immer mehr überhand. Die Röstöfen (*Kilns*, *calcining Kilns*) stehen in einer Reihe und haben die Construction der Figuren 247 bis 252, Seite 438 und 439, nur fehlen meist die den Bau sehr vertheuernden Feuchtigkeitscanäle (*a*, Figur 248) ganz oder grösstentheils.

Die folgende Tabelle zeigt die wichtigsten Verhältnisse der Production und des Materialverbrauches beim Rösten auf drei der bedeutendsten Hüttenwerke des Steinkohlenfeldes von Süd-Wales. Als Brennmaterial dient Kohlenklein, welches weder zur Verkokung, noch zum rohen Gebrauche im Hochofen oder Flammofen geeignet ist.

---

[1]) Vergl. Anmerkung zu Seite 432. — [2]) Nach eigenen Erfahrungen des Bearbeiters aus dem Jahre 1860. — [3]) Siehe weiter unten.

werk	Cubischer Inhalt des Röstofens	Verhältniss desselben	Fassungs-mengen	Verhältniss derselben	Wöchentl. Production	Verhältniss derselben	Kohlenver-brauch zu 1000 Kil. (20 Ctr.) Erz
			Erz.				
ol . .	93,39 Cbkm. (3022 Cbkf.)	1	46000 Kil. (920 Ctr.)	1	100000 Kil. (2000 Ctr.)	1	50 Kil. (1 Ctr.)
. .	141,13 Ckm. (4567 Cbkf.)	1,51	70000 Kil. (1400 Ctr.)	1,52	146000 Kil. (2920 Ctr.)	1,46	50 Kil. (1 Ctr.)
ale .	208,74 Ckm. (6756 Cbkf.)	2,23	104000 Kil. (2080 Ctr.)	2,26	182000 Kil. (3640 Ctr.)	1,82	50 Kil. (1 Ctr.)

an sieht hieraus, dass die Production nicht ganz im Verhältniss bischen Inhalt oder zum Fassungsvermögen, welches ausser von n auch von dem Gewichte der verschiedenen Erze abhängig ist, Da nun der Horizontalquerschnitt dieser Oefen nicht wesentlich eden, die Höhe aber in der aufgeführten Reihenfolge der Werke und zugleich der Brennmaterialaufwand pro Gewichtseinheit Erz n drei Oefen derselbe ist: so liefert diese Zusammenstellung den des früher Behaupteten, dass in höheren Röstöfen eine bessere ausnutzung stattfinde als in niedrigeren, und daher eine grössere tion bei gleichem Brennmaterialaufwand zulässig sei.

ie genannten Oefen werden ohne Sorgfalt mit verschieden grossen Erz beschickt, von denen nur die grössten zerschlagen werden. llt am Tage regelmässig nach, Abends aber giebt man etwas mehr naterial als am Tage auf, häuft den Ofen voll und überlässt ihn lbst während der Nacht.

ie Preise des Röstens pro 1000 Kil. (20 Ctr.) Erz stellen sich wie folgt:

In Oefen.

tslöhne	Zerkleinern	1 Pence	=	— Sgr.	10 Pf.
	Füllen	1 „	=	— „	10 „
	Ziehen	1 „	=	— „	10 „
imaterial: 50 Kil. (1 Ctr.) Kleinkohle		$1^1/_2$ „	=	1 „	3 „
n des Anlagecapitals von 100 Lstr. ($666^2/_3$ lr.) [1]) pro Ofen und Reparaturkosten		$^1/_4$ „	=	— „	$2^1/_2$ „
Summa pro 1000 Kil. (20 Ctr.) Erz		$4^3/_4$ Pence	=	3 Sgr.	$11^1/_2$ Pf.

In freien Haufen.

tslöhne	Setzen	4 Pence	=	3 Sgr.	4 Pf.
	Ziehen	1 „	=	— „	10 „
material	75 Kil. ($1^1/_2$ Ctr.) Kleinkohle	$2^1/_4$ „	=	1 „	$10^1/_2$ „
	25 Kil. ($^1/_2$ Ctr.) Stückkohle	$1^1/_5$ „	=	1 „	— „
Summa pro 1000 Kil. (20 Ctr.) Erz		$8^9/_{20}$ Pence	=	7 Sgr.	$^1/_2$ Pf.

Nur bei Oefen mit Luftcanälen im Rauhgemäuer wie zu Dowlais 160 Lstr, Thlr.) pro Ofen.

Da es von Interesse ist, die Preise des Röstens in freien Hau gegenüber denen der Ofenröstung kennen zu lernen, so sind in vorsteh der Tabelle beide neben einander gestellt. Der Vergleich fällt sehr Gunsten der Oefen aus.

Die Kosten der Ofenröstung würden sich bei gehöriger Vorsicht Bezug auf Zerkleinerung der Erze und Ausbreitung derselben im C zwar erhöhen, aber dem Hochofenbetriebe würde daraus ein nicht wesentlicher Vortheil erwachsen.

Zum Schluss theilen wir noch einige Analysen gerösteter Thonei steine nach B. Rogers mit:

Benennung des Erzes.	Eisenoxyd.	Magnesia.	Kieselsäure.	Thonerde.
Ball mines	73,7	1,7	17,0	7,6
Black pin	68,0	1,7	23,0	7,3
Black vein	62,0	3,0	22,0	12,0.

Das Fehlen allen Gehaltes an Eisenoxydul lässt zwar Zweifel an vollkommenen Richtigkeit der Analysen aufkommen, doch bieten diesel immerhin ein Anhalten bei Beurtheilung ähnlicher Verhältnisse.

Die sämmtlichen bis hierher aufgeführten Beispiele betreffen Oef ohne Rost, es mögen nun noch einige Beispiele für Röstöfen mit R folgen.

Röstung der Spath- und Brauneisensteine in Steierma Die Röstung der vortrefflichen Erze jener mächtigen und reichhaltig Lagerstätten Steiermarks, welche in der ersten Abtheilung der Eisenh tenkunde Seite 365 u. f. geschildert sind, erfolgt auf verschiedene Wei doch meist in Oefen, welche zu der Gruppe der Röstöfen mit Rost gehör Die Haufenröstung ist seit dem Jahre 1855 mehr und mehr aufgegeben[1] weil sie bei schlechteren Resultaten mehr Brennmaterialaufwand erfordert Der Querschnitt der Oefen ist meist ein oblonger (Vordernberger Oefen) seltener ein quadratischer (Neuberger Oefen); für schwefelkiesreiche Erz kommen die Seite 447 beschriebenen Oefen mit Treppenrost, für seh schwefelkiesreiche Erze die Wagner'schen und Gollrather Oefen (Seite 44 und 450, Fig. 265 und 266) zur Anwendung.

Röstung zu Vordernberg[2]). Die Spatheisensteine und Brau eisenerze des Erzberges in Steiermark[3]) werden hier durch Rösten zum Hochofenbetrieb vorbereitet. Die Oefen haben einen oblongen Querschnitt und sind oben 3,16 Meter (10,1 Fuss) lang und 1,26, auch 1,89 Meter (4, auch 6 Fuss) breit. Während die beiden langen Wände senkrecht niedergehen, divergiren die kurzen Wände nach unten, so dass sich der Ofen bei einer Tiefe von 6,48 Meter (20,6 Fuss) auf 3,79 Meter (12,1 Fuss) erweitert. Bis zu diesem Theile reicht eine den Rost in zwei Theile trennende, 1,26 Meter (4 Fuss) hohe, 0,474 Meter (18 Zoll) starke Zwischen wand. Die Roste selbst haben je 1,34 Meter (4 Fuss 3 Zoll) Länge und

[1]) Berg- und Hüttenm. Zeitung 1855. S. 174. — [2]) Vergl. Kerl, Metallurg. Hüttenk. Bd. I, S. 401 und Bd. III, S. 125. — [3]) Vergl. Eisenh. Abthl. I, S. 365.

die Breite des Ofens von 1,26 Meter (4 Fuss). Unter denselben befindet sich der zugleich als Kühlraum dienende Aschenfall. Das Erz wird in Gichten von je 4368 Kilogrm. (87,4 Ctr.) abwechselnd mit 0,979 bis 1,074 Cubikmetern (31,7 bis 34,7 Cubikfuss) Holzkohlenklein aufgegeben. Das Erz wird durch den Rost gezogen, indem man in Zwischenräumen von circa 8 Stunden einige Roststäbe entfernt. Das in den Kühlraum fallende Erz wird mit Wasser besprengt und direct in ein Vorrathsgewölbe, welches tiefer als die Sohle des Kühlraumes liegt, befördert. In 24 Stunden werden je nach der Beschaffenheit der Erze 13 104 bis 26 208 Kilogrm. (262 bis 524 Ctr.) Erz durchgesetzt. Durch die Anordnung des Erzkleins beim Aufgichten wird der Luftzug regulirt.

Uebrigens werden auch Oefen mit Planrost angewendet, deren Horizontalquerschnitt quadratisch ist, und zwar bei einer Höhe von 2,53 bis 3,79 Meter (8 bis 12,1 Fuss), oben 1,58 Meter (5 Fuss), unten 1,11 bis 1,26 Meter ($3^1/_2$ bis 4 Fuss) an jeder Seite. Der Rost liegt 1,26 Meter (4 Fuss) über dem Boden, und die herausziehbaren Roststäbe sind mit Handhaben versehen. Man verbraucht in denselben auf 350 Kilogrm. (7 Centner) Spatheisenstein 1,5 bis 2 Kilogrm. (3 bis 4 Pfund) Kohlenlösche, auf 1000 Kilogrm. also 4,3 bis 5,7 Kilogrm. [1]).

Röstung zu Mariazell [2]). Die dortigen schwefelkiesreichen Eisensteine werden seit 1854 in den von Wagner construirten Schachtröstöfen mit Treppenrost geröstet, welche Seite 447 Fig. 263 abgebildet und beschrieben sind. Als Brennmaterial dient Kohlenlösche. Auf 5000 Kil. (100 Ctr.) Erz braucht man 0,537 bis 0,623 Cubikmeter (17,3 bis 20,1 Cubikfuss) davon, auf 1000 Kilogrm. Erz mithin 0,108 bis 0,124 Cubikmeter Kohlenlösche. Der Ofen fasst 44800 Kilogrm. (896 Centner) und liefert in 24 Stunden 5600 Kilogrm. (112 Centner) Röstgut bei einem Röstverlust von 23 Proc. Die Erze werden nach dem Ziehen noch glühend mit Wasser besprengt, auch wohl ausgelaugt. Das Verhältniss der Rostfläche (6,36 Quadratmeter = 64,5 Quadratfuss) zum Ofenquerschnitt ist beinahe = 1 : 1 [3]).

Für sehr schwefelkiesreiche, namentlich kleine Erze, wendet man die Seite 449 (Fig. 265) geschilderten Oefen mit innerem Luftschacht an, welche gleichfalls von Wagner construirt worden sind.

Bei der Füllung des Ofens wird auf den Boden eine Schicht radial gelegter Holzscheite gebracht, diese überstürzt man mit Kohlenlösche und bringt dann abwechselnd Schichten von 4000 bis 5000 Kilogrm. (80 bis 100 Ctr.) Erz und circa 0,249 Cubikmeter (7,95 Cubikfuss) Kohlenlösche auf. An den acht Ziehöffnungen, welche von den acht unter der Platte stehenden Mauerpfeilern gebildet werden, zündet man an. Man

---

[1]) Loc. cit. — [2]) Berg- u. Hüttenm. Zeitung 1860. S. 103. — [3]) Die Röstöfen mit Treppenrost haben sich auch zu Vordernberg Bahn gebrochen. Die Erze werden dort zuvörderst durch Rättern von dem Grubenklein getrennt, welches nicht geröstet, sondern nur in Gasflammöfen getrocknet wird, dann bis zu Faustgrösse zerschlagen und mit Holzkohlenlösche geröstet (vgl. Berggeist 1870. S 96).

zieht alle 16 bis 24 Stunden und röstet täglich 6700 Kilogrm. (134 Ctr.) Erz, welche circa 5600 Kilogrm. (112 Ctr.) Röstgut liefern. Das gezogene Erz wird stark bewässert und dann in 0,63 Meter (2 Fuss) hohen Haufen weiter ausgelaugt [1]).

Zu demselben Zwecke werden in der Gollrath die Oefen, welche Seite 450 (Fig. 266) beschrieben und gleichfalls von Wagner construirt sind, benutzt.

Betrieb von Oefen mit Kegel- und Sattelrost. Die Oefen mit Kegel- und Sattelrost werden verhältnissmässig selten angewendet. Es lassen sich daher auch nur wenig Beispiele für deren Betrieb anführen.

Zu Neudeck in Böhmen [2]) ist ein mit Kegelrost (Fig. 264 S. 448) versehener Ofen von 4,71 Meter (15 Fuss) Höhe und 2,04 Meter (6½ Fuss) oberem, 1,25 Meter (4 Fuss) unterem Durchmesser zum Rösten angewendet worden. Dieser Ofen hatte intermittirenden Betrieb. Man brachte zuerst Holzkohlenklein in den Schacht, wodurch der Rost bis 0,316 Meter (1 Fuss) hoch über seine Spitze bedeckt wurde, und dann eine Schicht von 7,04 Cubikmetern (225 Cubikfuss) Erz, eine Schicht von 0,768 Cubikmetern (24,5 Cubikfuss) Kohlenlösche, endlich noch eine Schicht von 6,40 Cubikmetern (204 Cubikfuss) Erz und eine von 0,640 Cubikmetern (20,4 Cubikfuss) Kohlenlösche. Nach 48 Stunden war die Röstung beendet und der Ofen wurde ganz ausgeleert.

Zu Mägdesprung im Harz [3]) wurde ein Ofen mit Sattelrost zum Rösten der Spath- und Thoneisensteine benutzt, welcher 5,573 Meter (17¾ Fuss) Höhe, ungefähr 1,256 Meter (4 Fuss) untere und obere Weite hatte und in der Mitte bis zu 3,138 Meter (10 Fuss) Dtr. ausgebaucht war. Es wurden dort in 24 Stunden 3,875 Cubikmeter (125 Cubikfuss) Sphärosiderit mit 0,598 Cubikmetern (19,3 Cubikfuss) harten Quandelkohlen, oder 3,348 Cubikmeter (108 Cubikfuss) Spatheisenstein mit 0,487 Cubikmetern (15,7 Cubikfuss) Kohlen durchgeröstet, 1 Cubikmeter Erz also mit 0,146 Cubikmetern, oder 100 Cubikf. Erz mit 14,5 Cubikf. Kohle.

2. Flammen- und Gas-Schachtröstöfen.

Die Schachtöfen, bei denen kein festes Brennmaterial zwischen das Erz geschichtet, sondern Flammenfeuerung zum Rösten benutzt wird, sind von zweierlei Art. Entweder wird festes oder gasförmiges Brennmaterial seitlich vom Ofen oder unterhalb seiner Sohle, jedenfalls aber ausserhalb des Röstraumes verbrannt und nur die Flamme in das Erz geleitet; oder aber es werden Gase, welche man selten aus Generatoren erzeugt, sondern gewöhnlich dem Hochofen entnimmt, erst im Röstofen selbst verbrannt. Hiernach unterscheidet man:

---

[1]) In anderen Oefen derselben Art, welche 22500 Kil. (450 Ctr.) Erz fassen, giebt man auf je 2500 bis 3000 Kil. (50 bis 60 Ctr.). 0,773 bis 0,927 Cubikmeter (25 bis 30 Cubikf.) Kohlenlösche auf und gewinnt bei 4- bis 6maligem Ziehen in 24 Stunden 3500 bis 5000 Kil. (70 bis 100 Ctr.) Röstgut. Ein solcher Ofen kostet 866⅔ bis 933⅓ Thlr. (1300 bis 1400 Gulden). — Berg- u. hüttenm. Zeitg. 1870. Nro. 7. — [2]) Vgl. Scheerer, Metall. II, S. 74. — [3]) Kerl, Hüttenk. I, S. 402 u. III, S. 127.

a. Flammenröstöfen.

b. Gasröstöfen.

ieide Arten von Röstöfen haben den Vorzug gegen diejenigen mit chichtetem Brennmaterial, dass sie nach Belieben eine oxydirende ine reducirende Röstung zulassen, ohne dass die Construction des geändert zu werden braucht, dass ferner die Aschenbestandtheile ennmaterials nicht mit den Erzen in Berührung kommen, also mit ben nicht gemischt werden. Die Gasröstöfen haben nun ihrerseits den Vorzug einer besseren Wärmeausnutzung gegen die Flammen- n und haben letztere daher fast überall verdrängt.

a. Flammenröstöfen.

1. Mit festem Brennmaterial.

'euerungen. Für die Flammenröstöfen benutzt man meist die en von festen Brennmaterialien, die man auf Rosten verbrennt, entweder in der Axe des Ofens unterhalb der Sohle liegen, oder m den Ofen angeordnet sind. Im ersteren Falle muss der Feuer- wenigstens nach einer Seite hin derartig verlängert sein, dass er ssen mit Brennmaterial beschickt werden kann. Bei einer seitlichen nung der Roste können dieselben ohne Schwierigkeit in jeder belie- Höhe des Ofens angebracht werden, bei einer centralen Feuerung ist ar ebenfalls ausführbar, aber schwieriger einzurichten. Uebrigens ist lche Lage der Roste, dass sich unterhalb derselben der Ofen noch zt, sehr vortheilhaft; denn das Erz kann sich, nachdem es den en Hitzgrad durchlaufen hat und vollständig abgeröstet ist, in die- nteren Raume allmälig abkühlen, und ist dabei dem oxydirenden e der durch die Ziehöffnungen eintretenden atmosphärischen Luft em Grade ausgesetzt, da in dem unterhalb der Feuerungen liegenden eile keinerlei reducirende Gasarten mehr entwickelt werden.

tatt des Rostes wendete man bei älteren Oefen wohl eine einfache rbrochene Sohle für den Feuerungsraum an, welche indessen nur lz benutzbar und keineswegs zu empfehlen ist.

chweinerücken. Liegt die Feuerung im Inneren des Ofens, so der Feuerraum durch eine Decke vom Ofen selbst und der nieder- den Beschickung abgeschlossen sein, ohne dass doch die Flamme am gange gehindert wird. Man schützt ihn daher mit einer dachför- Decke aus Eisen, welche man wie jenen Seite 448 beschriebenen rmigen Rost Schweinerücken nennt. Entweder ist dies Dach öchern oder Schlitzen versehen, wie ein eigentlicher Rost, oder aber solide. In den ersteren beiden Fällen findet die Flamme ihren durch die Oeffnungen des Daches in den Ofenraum, im letzteren sie sich nach der Seite aus und gelangt durch die beiden Zwischen-

räume, welche zwischen den Unterkanten des Daches und der Feuerung frei bleiben müssen, zwischen die Erze; die Flamme schlägt also nur unter dem Schweinerücken durch in den Ofen. Zu Altenau im Harze hat man statt des Daches ein Gewölbe aus siebzehn gusseisernen Bogen, welche zwischen sich Schlitze von 78 Millimeter (3 Zoll) Breite lassen, gebildet und darüber ruht noch ein kleines flaches Dach.

Brennmaterialaufwand. Alle diese Oefen verlangen zur Röst nicht allein viel mehr, sondern auch besseres, namentlich eine gute Fla gebendes Brennmaterial, als diejenigen Röstöfen, bei denen man ei schichtetes Brennmaterial benutzt; und dieser Nachtheil wiegt die erwä ten Vortheile meistentheils so sehr auf, dass man selbst an Orten, man im Uebrigen gute Resultate hatte, theils wieder auf die Oefen eingeschichtetem Brennmaterial zurückgegangen ist, theils Gasröst eingerichtet hat. Zu berücksichtigen ist übrigens, dass rohes Brenn rial, namentlich Holz, besonders für die Flammenröstöfen, weniger dag für die Oefen mit eingeschichtetem Brennmaterial geeignet ist.

Schachtform. Da die Auflockerung der niedersinkenden Ma welche bei den Oefen mit eingeschichtetem Brennmaterial durch die mälige Verzehrung des letzteren herbeigeführt wird, bei den Oefen Flammenfeuerung nicht stattfindet, so ist man — wenigstens bei der stung dichtliegender Erze — gezwungen, durch die Form des Ofens zuhelfen, und erweitert daher gewöhnlich den Querschnitt solcher nach unten so weit, dass die Flamme sich hinreichend zwischen die vertheilt. Dass indessen diese Anordnung keinen günstigen Einfluss die Ausnutzung der Wärme hat, ist bereits früher auseinanderg worden.

Nach Mayrhofer[1]) hat man zu gleichmässiger Vertheilung Heizgase auch versucht, in der Schachtaxe ein 0,183 bis 0,209 (7 bis 8 Zoll) weites Rohr von starkem Kesselblech oder von Guss anzubringen, welches mit Ausnahme des oberen Theiles mit vielen bis 0,314 Meter (3/4 bis 1 Zoll) weiten Löchern versehen, 1,88 bis Meter (6 bis 8 Fuss) über die Gicht hinausragt, oben durch eine verschliessbar ist und unten einige Fuss über der Sohle des Ofens schneidet. Der in diesem Rohre entstehende Zug wird natürlich Eintritt der heissen Gase in die Mitte des Ofens befördern, aber noch bedeutenderen Wärmeverlusten Veranlassung geben, als ein fache Verengung des Querschnittes nach der Gicht zu.

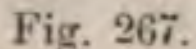
Ein Ofen mit seitlich liegenden Rosten[2]) ist in den Figuren und 268 dargestellt.

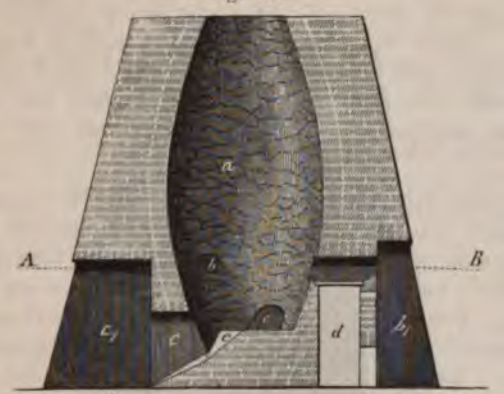
Der Ofen ist mit drei Rosten *bbb* versehen, unter denen sich Aschenfall *d* befindet, der hoch genug ist, um eine bequeme Reinig

---

[1]) Tunner's Jahrb. Bd. X, S. 310. — [2]) Scheerer's Metall. Bd. I, S.

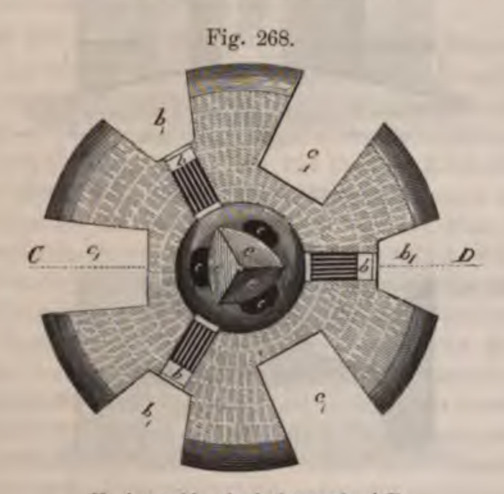
gestatten. Abwechselnd mit den Rosten sind in einem tieferen Niveau
ei Ziehöffnungen *c c c* angelegt. Im Rauhgemäuer sind zur Bequem-


Fig. 267.



Verticaldurchschnitt nach *CD*.

Fig. 268.



Horizontaldurchschnitt nach *AB*.
Flammenröstofen mit seitlicher Feuerung.

ıkeit der Arbeiter die Gewölbe b_1 bei den Rosten, und c_1 bei den Zieh-
nungen ausgespart. Der Ofen ist von der Sohle (Oberkante der ge-
gten Ebene *c*) bis zur Gicht 5,49 Meter ($17^1/_2$ Fuss) hoch, hat an der
ht 1,25 Meter (4 Fuss) Dtr. und ebenso viel an der Sohle. Die
uerungs- und Ziehöffnungen sind mit beweglichen Schiebern verschlos-
, welche eine Regulirung des Luftzutritts und somit eine Verstärkung
Hitze, sowie eine Aenderung in dem oxydirenden Einfluss der At-
sphäre gestatten.

Fig. 269 und 270 zeigen einen Ofen mit centraler Feuerung, wie er
Einführung der Gasfänge namentlich in Schweden vielfach angewe

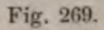


Fig. 269.



Verticaldurchschnitt.

Fig. 270.



Durchschnitt der Feuerung nach *AB*.
Flammenröstofen mit centraler Feuerung.

wurde [1]). Der Rost *d* liegt mitten im Ofen. Er ist überdeckt mit
gusseisernen Dache *c*, dem Schweinerücken, welcher auf Füsschen
zwischen denen hindurch die Flamme in den Ofen gelangt. Der A
fall *e* ist mit Oeffnungen *o*, welche zum Luftzutritt und zur Rei
dienen, versehen. Der Ofen ist von der Gicht bis zur Sohle (Anfa
schiefen Ebenen *f*, welche zu den Ausziehöffnungen *b* führen) 5,81

[1]) Scheerer, Metall. Bd. I, S. 75.

/2 Fuss) hoch, an der Gicht 1,41 Meter (4 Fuss 6 Zoll) im Dtr., unten Meter (9 Fuss 2 Zoll) im Dtr. Der untere Theil ist bis auf 1,88 er (6 Fuss) Höhe cylindrisch. Die Oberkante des Schweinerückens 1,62 Meter (5 Fuss 2 Zoll) hoch über der Sohle. Der Rost ist 4 Meter (1 Fuss) breit und 1,41 Meter (4 Fuss 6 Zoll) lang. Die n werden mit Kloben- und Scheitholz gefeuert. Der dachförmige ken dient hier zum Schutze der Feuerung vor den niedergehenden tücken.

Betrieb. Im Betriebe dieser Oefen findet der wesentliche Unter-ed gegen den der vorigen Gruppe statt, dass die Feuerungen eine ndere und zwar sorgfältige Bewartung verlangen; dass dagegen beim geben die ganze Aufmerksamkeit auf die Erhaltung eines gleichmässi- Luftzuges durch richtige Vertheilung der Erzstücke gerichtet sein . Der Betrieb kann übrigens hier ein weit gleichmässigerer und störterer sein, denn man kann ohne Nachtheil für den Röstprocess eliebig kurzen Zwischenräumen die fertig gerösteten Erze ausziehen ebenso gleichmässig oben nachfüllen.

Beispiele für den Betrieb von Flammenröstöfen. In den S. 468 bildeten und beschriebenen Oefen röstete man in Åker (Schweden) in Stunden 10000 bis 20000 Kil. (200 bis 400 Ctr.) Erz (Magneteisen- [1]) mit einem Verbrauche von 3 bis 5 Cubikmetern (97 bis 162 Cubikf.) und 2 bis 6 Cubikmetern (65 bis 194 Cubikf.) Kohlenlösche, welche Erze pro 10000 Kil. (200 Ctr.) desselben beigemengt wurden [2].

In Altenau am Harze ist der 3,97 Meter (12 Fuss 8 Zoll) hohe tofen im Horizontalquerschnitt oblong, an der Gicht 1,88 Meter (6 Fuss) und 1,57 Meter (5 Fuss) breit. Er erweitert sich bis auf 2,27 Meter uss 3 Zoll) Länge und 1,88 Meter (6 Fuss) Breite und ist nach unten ler etwas zusammengezogen. Die Construction des gewölbeartigen weinerückens, welcher den Planrost überspannt und nach oben noch durch aufgesetztes flaches Dach geschützt ist, fand bereits Erwähnung. Der fasst circa 17,67 Cubikmeter (570 Cubikfuss) Eisenstein. Man zieht ch zweimal Eisenstein, giebt ebenso oft je 2,91 Cubikmeter (94 Cubik- Eisenstein und zwar mit 0,465 Cubikmetern (15 Cubikfuss) Tannzapfen engt auf, und bedeckt jede Charge mit einer Lage kleinen Eisensteins. Feuerung des Rostes betreibt man mit Astholz und Tannzapfen. Röstkosten betragen pro 100 Kil. (2 Ctr.) Erz nicht ganz 8 Pfennig [3].

Es darf zum Schlusse nicht übergangen werden, dass bei einer hin-end grossen Production, z. B. für ein Hüttenwerk, welches mehrere öfen mit gerösteten Erzen zu versorgen hat, eine den Hoffmann-t'schen Ringöfen [4]) ähnliche Construction gute Dienste leisten

---

[1]) Siehe Abthl. I, S. 417. — [2]) Es war dies also ein combinirter Betrieb von er mit Flammenfeuerung. — [3]) Kerl, Metall. Hüttenk. Bd. I, S. 404. — he Muspratt-Stohmann-Kerl, Technische Chemie Bd. V, S. 574.

könnte. Diese Oefen, welche zum Ziegelbrennen bestimmt sind stehen aus einem ringförmigen (kreisrunden, elliptischen, auch oblc Raume, welcher durch eiserne Schieber in eine grosse Zahl einzelne theilungen getrennt werden kann. Jede dieser Abtheilungen stel einer im Centrum befindlichen Esse durch einen Canal in Verbi kann aber von dieser Verbindung durch einen Schieber abgesch werden. Bei einem regelmässigen Betriebe ist nun der Ring nur a Stellen durch eiserne Schieber unterbrochen und in zwei ungleicl theilungen getrennt. Die zwischen beiden Schiebern gelegene k Abtheilung enthält das fertige Gut, welches ausgeräumt wird, u dessen Stelle sodann wieder frisch beschickt wird. Dicht anstossend einen Schieber nach der anderen Seite hin befinden sich Ziegeln, hier fertig gebrannt werden und die höchste Hitze auszuhalten habe heissen Gase dieser Abtheilung durchlaufen nun den übrigen Th Ringes, und treffen bei ihrem Vorwärtsschreiten zuerst auf Ziegeln, noch nicht die stärkste Hitze erhalten, dann auf solche, welche ers gebrannt sind, schliesslich, an dem zweiten Schieber anlangend, auf eingesetzte Ziegeln. Von dort nehmen sie, fast ganz abgekühlt, ihre zur Esse. Ist die jetzt in stärkster Hitze befindliche Abtheilung g brannt, so wird sie durch einen Schieber abgesperrt, und nun die besetzte Abtheilung durch Versetzung des zweiten Schiebers in die der Feuerführung aufgenommen. Auf diese Weise rückt der B immerwährend eine Abtheilung weiter und geht ununterbrochen Dieses Princip lässt sich leicht auf Röstöfen übertragen. Es mu Anlage nur so eingerichtet werden, dass die Füllung jeder Abtheilun oben, die Entleerung aber nach unten geschehen kann, und es mu Feuerung nicht wie bei den Ziegelöfen durch eingestreutes Brennma sondern von seitwärts an jeder Abtheilung gelegenen Rosten aus od besten durch eingeleitete brennbare Gase erfolgen. Die erste Bedi eines erfolgreichen Betriebes ist die Möglichkeit eines fortlaufende triebes, welche, wie oben erwähnt, nur bei einer verhältnissmässig grossen Production gegeben wird.

2. Flammenröstöfen mit gasförmigem Brennmaterial.

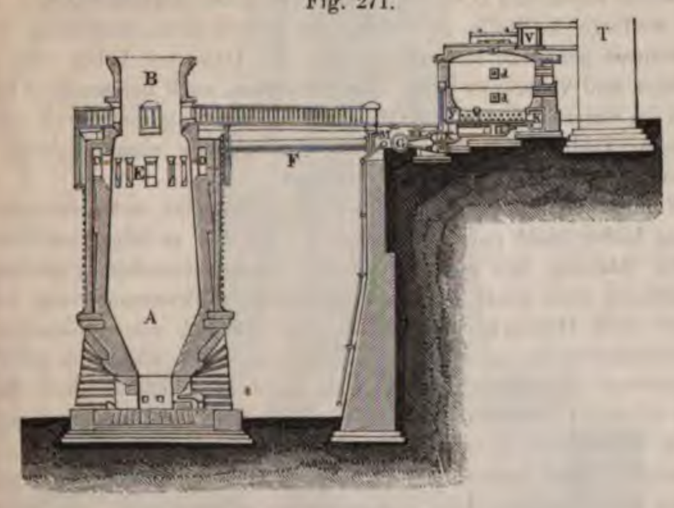
Hat man ein gasförmiges Brennmaterial zu Gebote stehen, so weit einfacher, dasselbe im Röstofen selbst zwischen den Erzen zu brennen, als solches erst ausserhalb zu verbrennen und dann die Fl in den Röstofen zu führen. Aus diesem Grunde finden sich auch Rös der letzten Art höchst selten.

Als eines der wenigen Beispiele ist die zu Coltness in Sch land benutzte Vorrichtung anzuführen, bei welcher Hochofengase ver det werden [1]).

[1]) Berg- u. Hüttenm. Zeitung. 1852. S. 579.

Die Gichtgase der sechs mit rohen Steinkohlen betriebenen Hoch-
en *AB* (Fig. 271) werden durch die Oeffnungen *E* entzogen und durch

Fig. 271.



Röstofen zu Coltness.

n Ringcanal *D* und die Röhrenleitung *F* in das gemeinschaftliche Rohr
geführt. Von hier gelangen sie durch die Zweigröhren *H* in den
stofen, nachdem sie den, einen Rost enthaltenden Raum $\frac{i}{o}$ passirt haben
d dort entzündet worden sind. Ein Ventil *M* gestattet von der Hüt-
sohle aus, das Quantum der Gase zu reguliren, und ein zweites Ventil,
e Richtung unter den Rost (nach *o*) oder über denselben (nach *i*) zu
stimmen. Durch die Röhren *K* gelangen die brennenden Gase in einen
n Röstofen umgebenden ringförmigen Canal, aus dem sie endlich durch
hlreiche Oeffnungen *Q* ins Innere *d* treten.

Die Gicht des Röstofens ist für gewöhnlich bedeckt, und die Röst-
se strömen durch den allen Oefen gemeinschaftlichen Canal *V* in die
se *T*. Beim Beschicken des Röstofens wird der Schieber *x* geöffnet.

Es ist klar, dass durch ein derartiges Inbrandsetzen der Gase vor
m Einströmen in den Röstofen diejenigen Theile, welche als Leitung
r Flamme zum Röstofen dienen, ungemein angegriffen werden müssen.
wird in allen Beziehungen daher die Construction der folgenden Ofen-
uppe den Vorzug vor dieser Einrichtung verdienen.

b. Gasröstöfen.

Gasröstöfen sind entschieden die vollkommensten aller Röstöfen. Sie
statten eine Verbrennung des Brennstoffs zwischen den Erzen selbst,
ne dass doch die Asche des Brennmaterials und mit ihr die schädlichen
standtheile derselben (namentlich phosphor- und schwefelhaltige Sub-

stanzen) unter die Erze gemengt werden; sie gestatten zugleich die Regulirung der Hitze während des Röstens, und die Herstellung einer je nach dem Zwecke oxydirend oder reducirend wirkenden Röstatmosphäre. Es ist ferner die Lage der Stelle, an welcher die grösste Hitze entwickelt werden soll, dadurch genau zu bestimmen, dass der Gasstrom höher oder tiefer eingeführt und verbrannt wird. Die gerösteten, noch heissen Erze können endlich im unteren Theile des Ofens zur Erwärmung der durch sie aufsteigenden Verbrennungsluft benutzt werden, was eine möglichst vollkommene Ausnutzung der Wärme bedingt.

Wenn trotz dieser Vorzüge die Gasröstöfen eine entsprechende Verbreitung bisher nicht gefunden haben, so liegt dies an folgenden Gründen:

Die Röstung mit eingeschichteten Brennmaterialien gestattet die Verwerthung eines sonst werth- und nutzlosen Brennmaterials, welches auf fast allen Hüttenwerke[illegible] Der Betrieb eines Röstofens mit eingeschichtetem Brennmate[illegible]ichter zu leiten und kann selbst von gewöhnlichen Tagelöhnern wenn auch nicht in guter, so doch für den Zweck allenfalls ausreichender Weise geführt werden, während ein Gasröstofen intelligente Arbeiter oder eine stetige Aufsicht verlangt. Dies ist besonders dann hervortretend, wenn man besondere Anlagen zur Erzeugung der nöthigen Gase (Generatoren) machen will. Hochofengase aber hat man, wie dies früher (S. 330) erläutert wurde, nicht immer ausreichend zu Gebote, namentlich dann nicht, wenn man Dampfkraftgebläse anwendet, deren Kessel durch diese Gase geheizt werden. Nichtsdestoweniger darf nicht verkannt werden, dass der Gasröstofenbetrieb viel zu sehr vernachlässigt wird, und dass die in Schweden so vielfach erzielten ausserordentlichen Erfolge mit solchen Oefen zu einer häufigeren Nachahmung auffordern sollten.

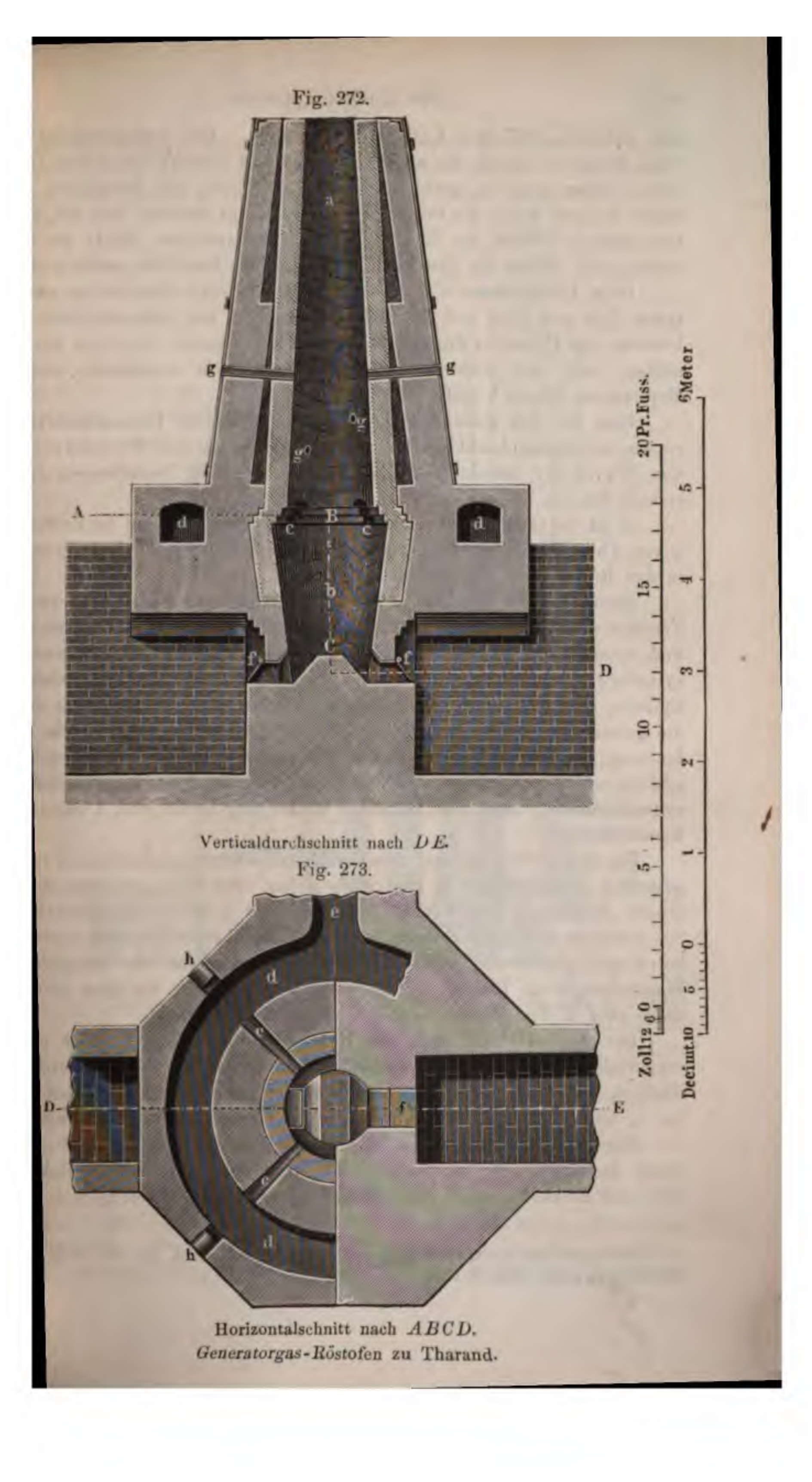
1. Generatorgas-Röstöfen.

Gasröstöfen mit Kohlenoxydgasgeneratoren scheinen sehr wenig in Anwendung zu stehen. Die bereits angeführten Gründe für die geringe Verbreitung der Gasröstöfen im Allgemeinen kommen naturgemäss bei der Anlage besonderer Apparate zur Gaserzeugung vorzüglich zur Geltung.

Ein von Siemens construirter, in Tharand (bei Dresden) errichteter Kalkbrennofen für Generatorgase bietet, wenn man von den für einen bestimmten Zweck gewählten Dimensionen absieht, ein gutes Vorbild für ähnliche Anlagen. Er ist in Fig. 272 und 273 abgebildet. Das Kohlenoxydgas wird durch Düsen eingeleitet, welche von aussen leicht zugänglich und daher sowohl von Theeransätzen wie von Erzstaub (Kalkstaub) zu reinigen sind.

Der Schacht *ab* hat einen kreisrunden Querschnitt, im Raume *b* befindet sich das abgeröstete Gut, im Raume *a* das in der Röstung begriffene. *cc* sind die vier Gasdüsen, welche mit dem Ringcanal *d* communiciren. Letzterer erhält das Gas von der Leitung *e* aus. *ff* sind die Ziehöffnungen, welche mit Thüren verschlossen sind. In letzteren befin-

Fig. 272.



Verticaldurchschnitt nach *DE*.

Fig. 273.

Horizontalschnitt nach *ABCD*.

Generatorgas-Röstofen zu Tharand.

Ofen [1]). Hier fallen die Erze dem aufsteigenden heissen Gasstrom
gegen, und zwar ganz frei von Brücke zu Brücke. Es liegt kein
vor, nicht ähnlich zu verfahren beim Rösten von mulmigen Eise
bei denen allerdings die Anwendung eines besonderen Brennmater
forderlich ist, während bei den Schwefelerzen der verbrennende S
die nöthige Wärme entwickelt.

Die Seltenheit der Verhüttung von mulmigen Erzen, welch
Röstung bedürfen, hat indessen noch nicht zu genügenden de
Versuchen geführt, so dass über ihre ökonomische Ausführbark
Resultate vorliegen.

2. Hochofengas-Röstöfen.

Lage der Oefen. Hochofengas-Röstöfen können nur in
von Hochöfen angelegt werden. Es wird daher vor ihrer Ein
zuerst zu überlegen sein, ob es ökonomischer ist, die Erze auf d
zu rösten, als auf der Grube, ob also der Vortheil, welcher d
nutzung der Hochofengase, durch geeignete Aufsicht u. s. w. ents
Mehrkosten des Transportes aufwiegt. Röstet man kohlensäu
Erze, so wird es meist ökonomischer sein, den Process auf d
vorzunehmen, da in diesem Falle durch das Rösten ein bedeute
wicht beim Transport gespart wird. Röstet man nur der Aufl
oder eines Schwefelgehaltes wegen, so wird das Gewicht des Er
wesentlich verändert und das Rösten auf der Hütte daher vor
sein, falls nicht etwa die Entfernung der Förderpunkte von d
sehr gering ist.

In Betreff des Niveaus, auf welchem die Hochofengas-Röstöfe
müssen, ist man weit mehr beschränkt, als bei den anderen Ap
zu denen Gichtgase benutzt werden, also als bei Dampfkesseln un
erhitzungsapparaten, für welche auch in dem Falle der Gasentzieh
offener Gicht der nöthige Saugapparat in Form einer Esse leic
bringen ist [2]). Sobald dagegen bei Benutzung der Gichtgase zum
Gasfänge mit offener Gicht (vergl. S. 331 u. f.) angewendet werde
nöthig, die Hochofengase durch den Röstofen absaugen zu las
darf mithin der bis zur Gicht des Röstofens zu überwindende Wi
immer nur ein geringerer sein, als der, welchen die Gase vo
Entziehungspunkte im Hochofen bis zu dessen Gicht erleiden. W
Reibungswiderstand in beiden Fällen gleich, so dürfte die Gicht d
ofens keinenfalls tiefer als die des Hochofens liegen. Ist die
über den Einströmungsöffnungen der Gase im Röstofen niedriger
Säule der Beschickung über den Gasentziehungsöffnungen im H
so kann die Gicht des Röstofens der Differenz der Druckhöhen ents

[1]) Vergl. Zeitschrift f. Berg-, Hütten- u. Salinenwesen im preussisch
1866. Abthl. B, S. 1. — [2]) Vergl. S. 324.

nissmässig leicht in das Innere des Ofens ein, so dass selbst bei



tiefer liegen. Sie darf aber niemals das Niveau der Gasentziehungsöffnungen erreichen, oder gar noch tiefer liegen. Man könnte allerdings auch die Gicht des Röstofens mit einer Esse versehen, welche die Gicht des Hochofens überragt — und man thut dies auch zuweilen — aber man hindert durch eine solche Einrichtung das Aufgeben der zu röstenden Erze und erschwert den Betrieb.

Aus diesen Gründen pflegt man auch in Schweden, wo die Hochofengas-Röstöfen die grösste Verbreitung gefunden haben, die Gasleitung vom Hochofen zum Röstofen horizontal oder selbst etwas ansteigend, selten ein wenig abfallend zu führen, wie dies in den Figuren 275 und 276 auf nebenstehender Tafel dargestellt ist.

Hat man es mit geschlossener Hochofengicht zu thun, so ist die Lage des Röstofens gleichgültig, und man kann ihn ohne Nachtheil auf die Hüttensohle stellen, wodurch man bei ebenem Terrain bedeutend an Anlagekosten für Fundamente spart.

Einleitung und Verbrennung der Gase. Die Röstöfen sind sehr günstige Apparate für eine zweckmässige Verbrennung von Hochofengasen. Die niederrückende Erzsäule ist gewissermaassen als Regenerator zu betrachten. Sie bildet eine vorzügliche Verbrennungskammer (vergl. S. 375). Die Gase treffen bei stetigem Betriebe des Ofens stets auf Körper, welche eine zu ihrer Entzündung hinreichend hohe Temperatur besitzen. Ein Verlöschen kann daher niemals eintreten, so lange die nöthige Verbrennungsluft vorhanden ist. Die Verbrennungsluft ihrerseits findet in der in den abgerösteten Erzen aufgespeicherten Wärme eine ausreichende Gelegenheit zu ihrer eigenen Erwärmung, welche bei den meisten anderen Röstöfen ungenutzt verloren geht.

Die Einleitung der Gase sollte daher auch niemals an der Sohle des Ofens, sondern immer in einer gewissen Höhe darüber geschehen, die Verbrennungsluft dagegen sollte den darunter liegenden mit heissen Erzen gefüllten Raum ganz durchstreichen. Die Schwierigkeit bei einer solchen Einrichtung, den Verbrennungsluftstrom in genau angemessener Stärke und in richtiger Vertheilung einzuführen, ist gewiss nicht unüberwindlich, hat allerdings aber dahin geführt, in der Praxis meistentheils Constructionen anzuwenden, bei denen der so nahe liegende Vortheil der Vorwärmung unbenutzt bleibt.

Die Gaseinführung geschieht am zweckmässigsten durch röhren- oder schlitzförmige Düsen, welche rings am Ofen vertheilt sind. Eine Einführung des Gases in das Centrum des Ofens, etwa durch eine dem Kegelrost (s. S. 448) ähnliche Vorrichtung ist zuweilen versucht, aber deswegen meist aufgegeben, weil die so gelegenen Gaszuführungsöffnungen schwer zugänglich und daher auch schwierig zu reinigen sind. Es ist aber die Reinigung der Gasdüsen von Erzstaub häufig nöthig. Uebrigens dringen die Gase, welche sich bei ihrer Verbrennung sehr ausdehnen, verhältnissmässig leicht in das Innere des Ofens ein, so dass selbst bei

einem ziemlich weiten Ofenschacht eine ungleichförmige Röstung nicht zu besorgen ist. Stellt sich bei einem vorhandenen Röstofen heraus, dass die Erzsäule in der Mitte zu wenig erhitzt wird, so hilft man sich wohl durch Einschichten von etwas festem Brennmaterial im Centrum des Schachtes, obwohl in den meisten Fällen eine sorgfältige Beschickung des Ofens, bei der die grossen Stücke nur in die Mitte, die kleinen nur an den Rand kommen, wirksamer ist.

Die Verbrennungsluftzuführung geschieht entweder durch die Ziehöffnungen, oder durch besondere Roste, welche in ähnlicher Weise angeordnet sind, wie die Roste der Oefen, welche mit eingeschichtetem Brennmaterial betrieben werden; oder aber sie geschieht endlich durch besondere Luftzuführungsöffnungen. Letztere legt man gewöhnlich unmittelbar unter die Gaszuströmungsöffnungen, obwohl, wie erwähnt, eine tiefere Lage derselben richtiger wäre. Die Verbrennungsluft wird theils als Zugluft angesogen, theils als Wind eingeblasen. Das letztere Verfahren, dessen Einführung wir dem Director Westman zu Upsala, einem um die Entwickelung der Hochofengas-Röstöfen sehr verdienten Manne, zu danken haben, ist entschieden das vollkommnere, da nur auf diese Weise das Quantum der Verbrennungsluft hinreichend regulirt werden kann.

Form des Schachtes. Es finden sich zuweilen, z. B. in Vordernberg, stadelartige Hochofengas-Röstöfen; bei ihnen ist indessen eine Einschichtung von Brennmaterial nothwendig, und die Hochofengase dienen daher nur zur Hülfsfeuerung.

Schächte von kreisrundem oder elliptischem Horizontalquerschnitte sind am geeignetsten bei ausschliesslicher Anwendung von Hochofengasen, weil sie am solidesten hergestellt und am leichtesten in einer Art construirt werden können, dass sie den Bedingungen zu einer zweckmässigen Gasverbrennung genügen. Man macht da, wo man es mit Erzen zu thun hat, die nur aufgelockert, dagegen chemisch nicht wesentlich verändert werden sollen, den Schacht in allen seinen Höhen von gleichem Querschnitt, oder giebt ihm nach unten zu eine wenn auch nur wenig grössere Weite. Bei Spath- und Brauneisensteinen erweitert man dagegen den Schacht nach der Gicht zu. Ausgebauchte Formen wurden früher, ohne dass dafür ein haltbarer Grund vorlag, mehrfach gebaut, sind neuerdings aber kaum noch in Anwendung.

Nur dann, wenn man es mit mulmigen oder sehr kleinkörnigen Erzen zu thun hat, geht man von der runden Schachtform ab und wählt einen quadratischen und oblongen Querschnitt von kleinen und in allen Höhen gleichbleibenden Dimensionen.

Stadelartige Hochofengas-Röstöfen. Die Vordernberger mit Gichtgasen betriebenen Röstöfen bestehen aus 1,26 Meter (4 Fuss) langen und ebenso hohen, oben 0,95 Meter (3 Fuss) breiten, nach unten auf 0,63 Meter (2 Fuss) verengten Räumen, welche von einander durch Scheide-

wände getrennt sind und an einer gemeinschaftlichen Rückwand liegen, während sie nach vorn durch eiserne Thüren abgesperrt werden. Als Sohle dient ein Rost, unter welchem sich der 0,95 Meter (3 Fuss) hohe Kühlraum befindet.

Die Scheidewände, welche oben 0,158 Meter (6 Zoll), unten 0,474 Meter (18 Zoll) stark sind, werden von je einem Canale ihrer ganzen Länge nach durchzogen. Aus diesem Canale führen nach beiden Seiten in die anstossenden Oefen, 26 Millimeter (1 Zoll) über dem Roste, Spalten von 6,6 Millimetern ($^1/_4$ Zoll) Höhe, durch welche die Gase ausströmen.

Aus der hinter den Ofen entlang laufenden Leitung gelangen die Gase in jene Canäle, und ihre Menge kann durch Schieber regulirt werden.

Gichtgas-Schachtröstöfen mit Zugverbrennungsluft.

Gichtgas-Schachtröstöfen ohne Rost. Die eigentlichen Schachtröstöfen für Gichtgasbetrieb haben in Schweden ihre Entwickelung gefunden und sich von dort namentlich in den ihnen von Westman gegebenen vollkommenen Formen Eingang nach Russland, Nordamerika u. s. w. verschafft, weniger sind sie nach Deutschland und England gedrungen, obwohl sie sich überall da empfehlen, wo die angegebenen Bedingungen, namentlich Röstung auf der Hütte und ausreichende Mengen von Hochofengasen, zutreffen.

Der älteste, einfachste, aber auch unvollkommenste, indessen noch viel verbreitete dieser Oefen ist in den Figuren 277 a und 277 b (a. f. S.) im Vertical- und Horizontalquerschnitt abgebildet. Ein solcher war unter anderen 1848 zu Tenninge in Stora Kopparbergs Län errichtet worden.

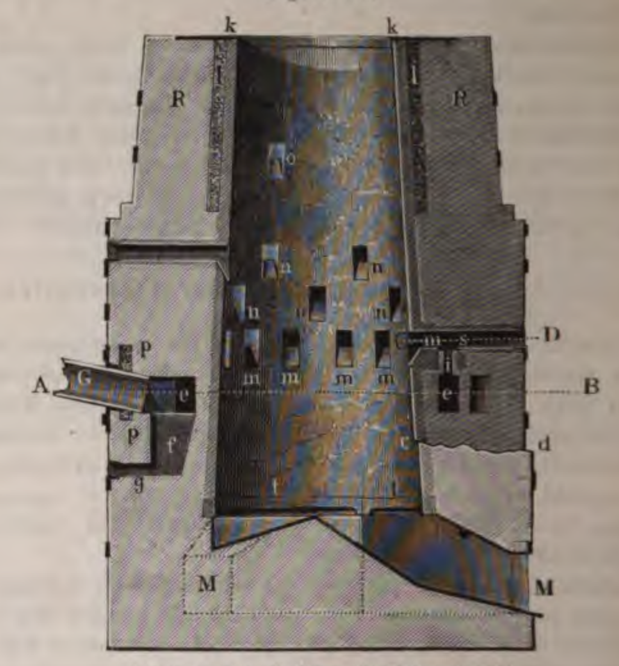
Fig. 277 a ist ein senkrechter Durchschnitt, im Ganzen nach der Linie *EF*, dagegen rechts oben über der Linie *cd* nach *GH* der Fig. 277 b, Fig. 277 b ist ein horizontaler Durchschnitt zum grössten Theil nach *AB* der Fig. 277 a und nur rechts oben zwischen den Linien *zu* und *wv* nach der Linie *CD* der Fig. 277 a [1]). Das Ofengemäuer besteht aus dem durch Eisenringe verankerten Rauhschacht *R* und dem Kernschacht *K*, sammt einer Füllung *l* im oberen Theile. Der Boden ist mit gusseisernen Platten belegt und fällt nach den drei Ausziehöffnungen *M* zu ab. Diese sind mit gut schliessenden Eisenthüren versehen, welche ihrerseits wieder zweizöllige, mit Reibern verschliessbare Löcher zur Regulirung des Luftzutritts besitzen. Die eisernen Tragstücke *t* begrenzen die Ziehöffnungen und tragen zugleich den Kernschacht. Die Zuführung der Hochofengase erfolgt durch die 0,314 Meter (12 Zoll) weite eiserne Röhre *G*, welche vermittelst der Aschenfüllung *p* im Gemäuer des Ofens gedichtet ist. Die Vertiefung *f* dient zum Absetzen des Gichtstaubes, welcher durch die Oeffnung *g* entfernt werden kann. Die Gase vertheilen sich in dem ringförmigen Canale *ee* um den ganzen Ofen herum und treten durch zwölf

---

[1]) Vergl. Scheerer, Metallurgie. Bd. II, S. 178.

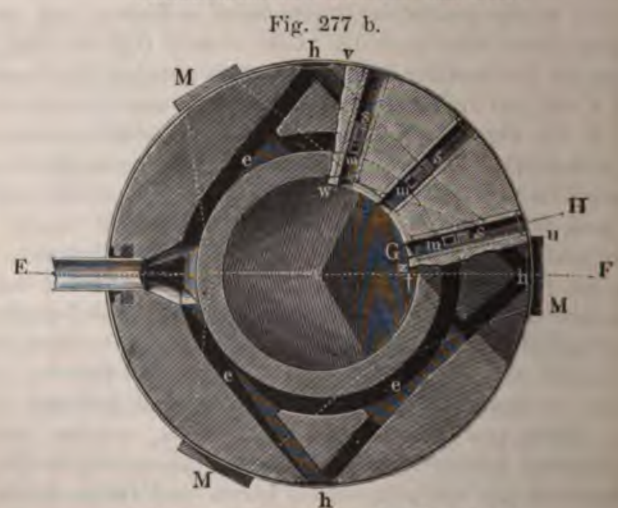
aufwärts steigende Füchse *i* und die mit denselben verbundenen horiz
talen Canäle *m* in den Ofen ein. Die horizontalen Canäle sind n

Fig. 277 a.



Verticaldurchschnitt nach *EF* und *GH*.

Fig. 277 b.



Horizontaldurchschnitt nach *AB* und *CD*.

Gichtgas-Schachtröstofen mit Zugverbrennungsluft zu Tenninge in Schwed

en verlängert und lassen sich von D aus reinigen, sind aber dort für öhnlich durch eiserne Thüren verschlossen. Ein Schieber s regulirt Gasquantum. Die Verbrennungsluft gelangt durch die drei Ziehungen M in den Ofen. Die höher gelegenen Canäle n und o (Störme) dienen zur Beobachtung des Röstprocesses und gleichzeitig zum führen von Brechstangen, im Falle Versetzungen im Ofen eintreten. Höhe des Schachtes von den Trageisen t bis zur Gicht ist 5,02 Meter Fuss), der Gichtdurchmesser 1,57 Meter (5 Fuss), der untere Schachtchmesser 2,20 Meter (7 Fuss). Die Gasausströmungen m liegen 1,41 er (4½ Fuss) über den Trageisen und sind an ihrer Ausmündung je 57 Meter (½ Fuss) breit und 0,314 Meter (1 Fuss) hoch.

Zu dieser Art Röstöfen gehört auch der in Fig. 275 und 276 auf der Seite 477 gehörigen Tafel abgebildete und dort A genannte Apparat. selbe unterscheidet sich wesentlich nur dadurch von den vorher beiebenen, dass er vier Ausziehöffnungen $a\,a$ hat. Das Gasrohr ist hier e, der ringförmige Canal mit b, die Ausströmungsöffnungen sind mit c ichnet. Letztere haben zwar auch einen oblongen Querschnitt, die gere Seite liegt aber horizontal. d sind die Störräume. Der Ofen eitert sich in der unteren Hälfte sehr stark, damit die in dem heisse- Theile etwa gefritteten Erze beim weiteren Niedergange von selbst ler zerbrechen. Eiserne Ringe verankern das ganze Mauerwerk. Der ist in einem Holzgebäude u enthalten, um die Arbeiter bei rauhem ter zu schirmen und den Gang des Ofens gegen den Einfluss des des zu schützen. Drei Etagen ziehen sich rings um den Ofen, die rste zum Beschicken, die unterste zum Ziehen, die mittlere, um zu Gasleitungen, Schaulöchern u. s. w. zu gelangen.

Diese Oefen haben je nach dem zu röstenden Erze mancherlei Aberungen erfahren. Die unter dem Namen Dannemora-Oefen in weden ebenfalls viel verbreiteten Röstapparate unterscheiden sich von oben beschriebenen Apparaten wesentlich durch die geringere Höhe Gaseinströmungsöffnungen über dem Boden. Es hat diese Einrichg dann ihre Berechtigung, wenn, wie in Dannemora selbst, die Erze s so stark geröstet werden, dass sie sich erweichen und zusammenken. In diesem Falle muss man durch die Ziehöffnungen bequem in Ofen gelangen können, was bei einem grösseren Höhenunterschiede r schwierig ist [1]).

Eine wesentliche Verbesserung der geschilderten Gichtgasröstöfen rde dadurch erzielt, dass man das Gasvertheilungsrohr nicht in dem uerwerke, sondern ausserhalb des letzteren anlegte. Man führt zu sem Zweck ein gusseisernes auf einem Mauervorsprunge aufliegendes hr von circa 0,31 Meter (1 Fuss) Durchmesser rings um den Ofen herum d leitet vermittelst kleiner, eingemauerter Krümmlinge das Gas aufrts in die horizontalen Ausströmungscanäle.

---

[1]) Vergl. Tunner, Eisenhüttenwesen in Schweden. S. 26.

Auch hat man die Zahl der Ausziehöffnungen bis auf fünf vermehrt und dadurch eine gleichmässigere Vertheilung der Verbrennungsluft und einen regelmässigeren Niedergang der Beschickung erzielt.

Eine abweichende Gaseinführung ist zu Hof angewendet worden. Um nämlich den Uebelstand zu umgehen, dass bei Schächten von mehr als etwa 1,88 bis 2,20 Meter (6 bis 7 Fuss) Weite die Gase, selbst bei Röstung locker liegender Stufferze, nicht genügend ins Innere der Erzsäule dringen, hat man quer durch den im Horizontalquerschnitte elliptisch geformten, 3,14 Meter (10 Fuss) langen, 2,35 Meter ($7^1/_2$ Fuss) breiten Ofen in der Längenaxe ein Gasrohr gelegt, welches an jeder Seite mit 16 Ausströmungsdüsen von 29,4 bis 39 Millimeter ($1^1/_8$ bis $1^1/_2$ Zoll) Durchmesser versehen ist. Dies Rohr ruht auf einem dachförmigen Bocke, welcher von gusseisernen, mit Schlitzen versehenen Platten g[illegible] wird und zugleich den Boden des Ofens vertritt, auf dem die Erze zu den Ziehöffnungen abgleiten. Die Verbrennungsluft tritt unter dem Bocke in den Ofen und durch die Schlitze zu dem ausströmenden Gase. Die ganze Vorrichtung ist durch ein kleines gusseisernes Dach geschützt.

Gichtgas-Schachtröstöfen mit Rost. Während die beschriebenen Schachtröstöfen ohne Rost mit grossem Schachtquerschnitte sehr geeignet für Stückerze sind, gelingt es in denselben weniger gut, mulmige Erze zu rösten, und man ist daher in Steiermark auf Gasröstöfen mit kleinem, oblongem Querschnitte bei Anwendung eines Rostes gekommen, Oefen, welche als eine weitere Entwickelung der oben beschriebenen Stadelöfen anzusehen sind.

Die in den Figuren 278 bis 280 dargestellten Oefen sind 1866 auf dem Seissler'schen Hüttenwerke zu Vordernberg von Fillafer construirt und errichtet worden [1]). Fig. 278 ist links eine Ansicht des Ofencomplexes, rechts ein Verticaldurchschnitt durch die Mitte einer Ofenabtheilung; Fig. 280 (S. 484) ist ein rechtwinklig hierzu stehender Verticalschnitt nach der Linie *CD* der Fig. 279; Fig. 279 endlich zeigt einen Horizontalschnitt, welcher links durch die Hauptgascanäle, sodann in dem mit *B* bezeichneten Theile durch das Niveau über den Rostbalken, im mittleren Theile (*a a*) durch die Gaseinströmungsöffnungen, ferner in dem mit *A* bezeichneten Theile durch ein Niveau über der Gicht, und ganz rechts schliesslich durch die Esse gelegt ist.

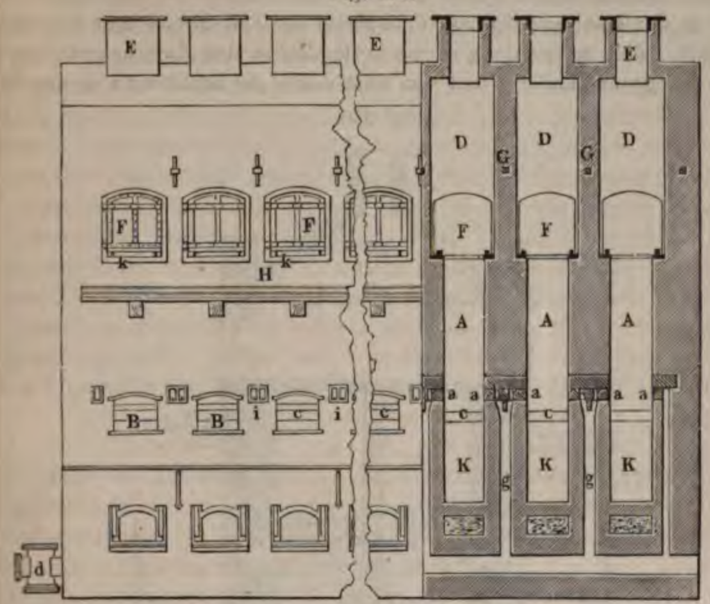
Man hat dort vierzehn kleine Schachtöfen in zwei Reihen an einander gebaut. *A* ist der Schacht. Durch je sieben Schlitze *a*, welche an der langen Wand jedes Ofens liegen und sich circa 0,31 Meter (12 Zoll) hoch über den Rostträgern *c* befinden, treten die Gase ein. Der Ofenschacht hat nur 2,20 Meter (7 Fuss) Höhe von Gicht bis Rost, aber unter dem Rost befindet sich noch ein Kühlraum *K*. Die Roststäbe werden je nach dem Bedarf einzeln herausgezogen, um das Erz in den Kühlraum gelan-

---

[1]) Kerpely, Fortschritte der Eisenhüttentechnik. 1866. 3ter Jahrgang. S. 17

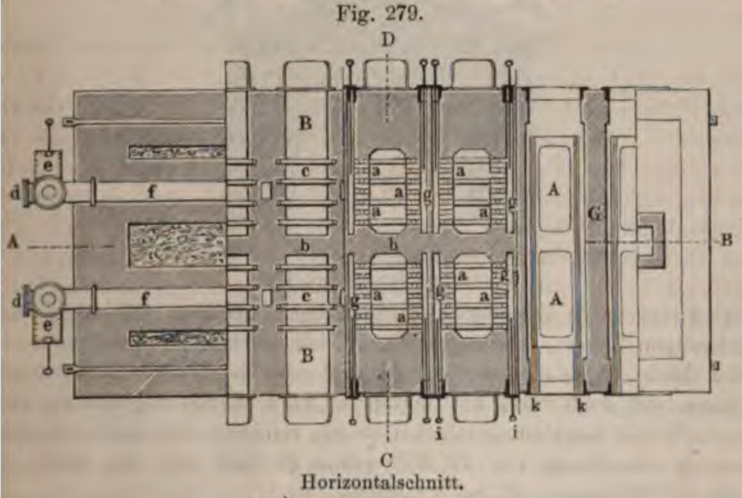
n zu lassen. Durch die Oeffnungen *B* wird der Rost gereinigt, sowie s Herausnehmen der Roststäbe besorgt.

Fig. 278.



Ansicht und Verticalschnitt nach der Längenaxe.

Fig. 279.



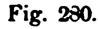
Horizontalschnitt.

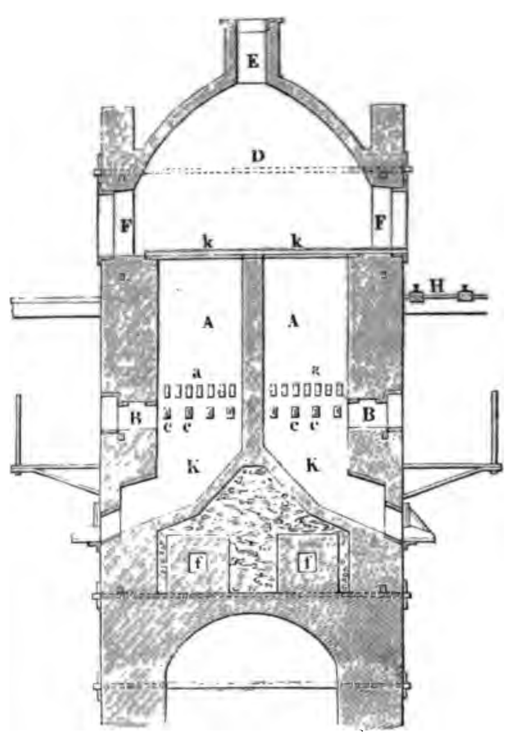
Gichtgas-Röstofen mit Rost.

Der ganze Ofencomplex ist mit einem gemeinschaftlichen Rauchman-l *D* versehen, welcher für je zwei zusammengehörige Oefen eine Esse *E* sitzt. Die Aufgebeöffnungen *F* sind durch Blechthüren, welche in

eisernen Rahmen *K* hängen, verschliessbar. Auf der Bahn *H* (Fig
und Fig. 280) kommen die Wagen mit rohem Erze zum Ofen.

Die Gase gelangen durch die mit einem Schieber *e* versehenen
ren *d* in den Hauptcanal *f* von 0,26 Meter (10 Zoll) Breite und 0,31
(12 Zoll) Höhe, treten dann in die verticalen in den Zwischenwänd
Oefen gelegenen Canäle *g* und von dort durch die Schlitze *aa* in de


Fig. 280.

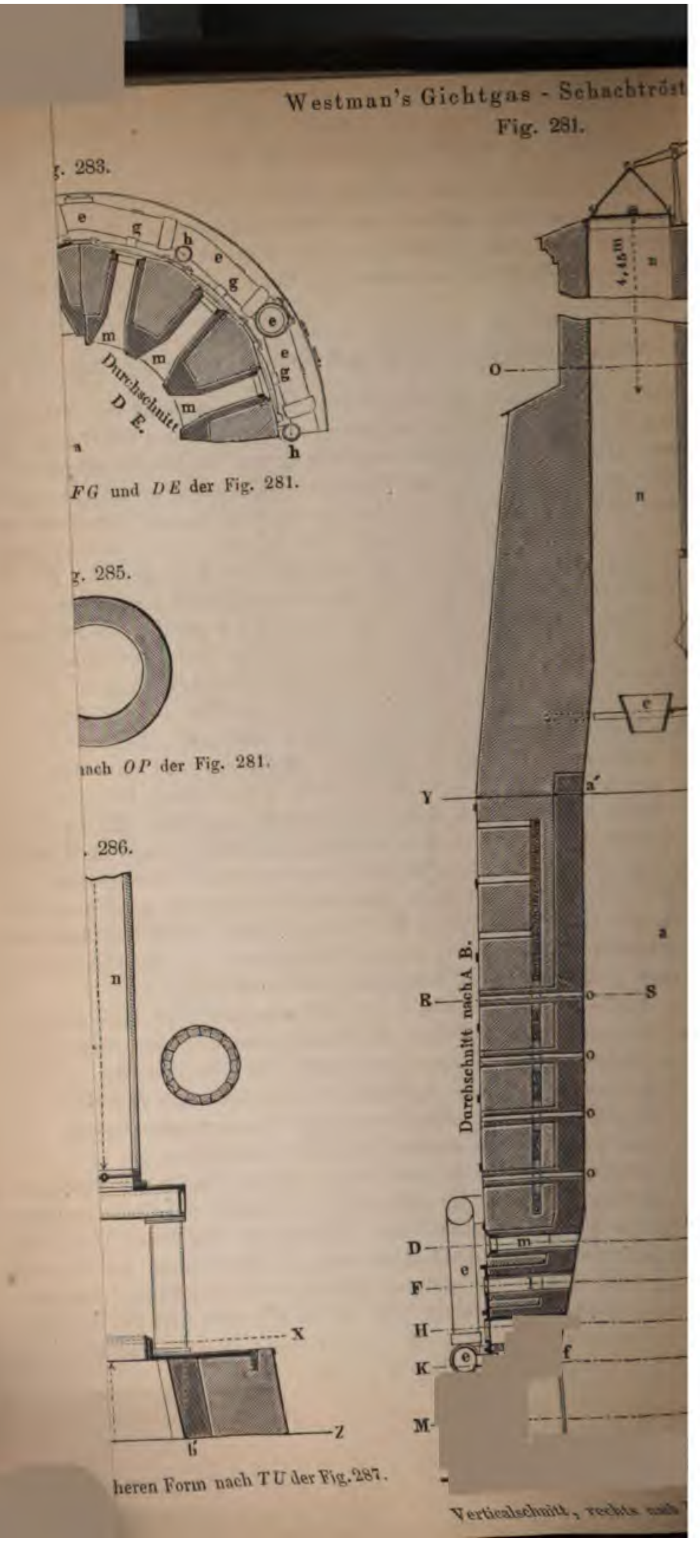


Verticalschnitt nach *CD* der Fig. 279.
Gichtgas-Röstofen mit Rost.

Letztere sind durch besonders geformte Ziegeln gebildet und haben
dachförmigen Boden, damit etwa darin sich absetzender Staub ent
in den leicht zu reinigenden Hauptcanal oder in den Ofen zurüc
Sie lassen sich auch durch die Oeffnungen *ii*, in denen zugleich die
stangen für die Regulirungsschieber liegen, reinigen und haben an
Mündung eine Breite von 79 Millimetern (3 Zoll) und eine Höh
4,4 bis 6,6 Millimetern (2 bis 3 Linien).

Man sieht, dass hier der Kühlraum in ähnlicher Weise zur E
mung der Verbrennungsluft dient, wie der unter den Gaseinströmu
gelegene Raum der schwedischen Oefen, und dass der Hauptunters
rin liegt, dass bei diesen die ganze Erzmasse continuirlich vor

Westman's Gichtgas - Schachtröst



rückt, sobald gezogen wird, während bei jenen der Ziehraum vom Röstraum durch einen Rost getrennt ist. Der Rost ist daher die wesentliche Einrichtung, durch deren Anwendung das zu dichte Liegen der Erze verhindert und die Röstung von mulmigen Erzen und von Erzklein ermöglicht wird.

Gichtgas-Schachtröstöfen mit Gebläseverbrennungsluft.

Durch Einführung von Gebläsewind zur Verbrennung der Hochofengase hat Westman[1]) dem schwedischen Gasröstofen eine Vollkommenheit gegeben, welche bereits seine Ausbreitung auf 50 bis 60 schwedische, mehrere amerikanische (z. B. Ringwood bei New-York) und einige russische Hütten seit der kurzen Zeit seiner Construction veranlasst hat.

Dieser Ofen ist in den Figuren 281 bis 287 (auf nebenstehender Tafel) abgebildet. Fig. 281 ist ein verticaler Durchschnitt, Fig. 282 bis 285 sind horizontale Schnitte nach den entsprechenden Linien der ersten Figur. Fig. 286 endlich zeigt eine einfachere Form des oberen Ofentheiles und Fig. 287 diesen in oberer Ansicht und Horizontalschnitt. *a* ist der in allen Horizontalquerschnitten kreisförmige Ofenschacht. In denselben wird das Erz durch das Rollloch *b*, welches in den Zwischenzeiten mit einer Klappe verschlossen ist, eingestürzt. Der durch eine Stange von aussen bewegliche Trichter *c* leitet das Erz zur Mitte des Ofens, damit in Folge dessen die gröberen Stücke nahe der Achse desselben liegen bleiben. Die Oeffnung *d* erlaubt den Blick auf die Gicht *a' b'* des Ofens und lässt erkennen, ob derselbe gefüllt ist und ob die Erze richtig angeordnet sind, gestattet auch den Zugang mit Instrumenten zur Nachhülfe, falls solche nöthig ist. Durch das ringförmige Rohr *e*, welches rund um den Ofen läuft, wird das Gas zugeführt. Es strömt durch die kleinen Ansätze *g* und die verticalen Canälchen *r* in die Gasdüsen *k*, deren zwölf gleichmässig im Kernschacht vertheilt sind.

Das kranzförmige Trageisen des Kernschachtes *f* ist hohl gegossen und mit vierundzwanzig kleinen als Windformen dienenden Oeffnungen versehen. Durch dieselben strömt der Wind, der von dem Rohre *h* aus in das Trageisen gelangt, in den Ofen. *i* sind die sechs Ziehöffnungen, *l* und *m* Störräume, durch welche vermittelst Brechstangen etwaige Versetzungen beseitigt werden können. *o o* sind Schaulöcher.

Der Schornstein *n* wird entweder in der in Fig. 281 angegebenen Art unmittelbar mit dem Ofen verbunden und besitzt nur die verschliessbare Oeffnung *b* zum Aufgeben, oder er wird als getrennter Theil dem Schachte aufgesetzt, und dient dann lediglich als Schlott zur besseren Abführung der Gase. Im letzteren Falle ruht er auf Säulen, zwischen [denen] das Erz aufgegeben wird, wie dies in Fig. 286 und 287 zu sehen. Eine Registerklappe oder ein Ventil regulirt in demselben den Aus[tri]tt der Verbrennungs- und flüchtigen Röstproducte.

---

[1]) Welchem der Verfasser die folgenden Zeichnungen und Mittheilungen verdankt.

Auch bei diesem Ofen dienen kleine horizontale Schieber, welch
dem Boden der Canäle *k* gleiten und von Aussen gehandhabt w
können, zur Regulirung des Gasstromes. Der Abstand der Gasei
mungsöffnungen vom Boden ist, wie bei dem Dannemora-Ofen, g
wenn die Erze sehr stark geröstet werden sollen, und das beinah
zum Schmelzen erhitzte Röstgut daher von den Ziehöffnungen *i* aus l
gebrochen werden muss; grösser dagegen ist dieser Abstand in aller
len, in welchen eine bedeutende Versetzung nicht zu fürchten ist.
grossen nach innen sich erweiternden Störräume *l*, *m* und die zu d
ben Zwecke gleichfalls benutzbaren Gasdüsen *k* erleichtern übrige
Nacharbeiten mit der Brechstange.

Durch die Windformen des Canals *f* soll nur die nöthige Ve
nungsluft zugeführt werden. Dagegen wird diejenige Luft, welch
Oxydation des Schwefels etc. in den heissen Erzen dient, durch re
bare Oeffnungen in den Verschlussthüren der Ziehlöcher *i* eingesog

Da, wo alles Hochofengas zu anderen Zwecken bereits in An
genommen ist, kann der Ofen auch mit Generatorgasen betrieben w
ohne dass an seiner Construction etwas geändert zu werden braucht

Es sind übrigens derartige Oefen mit Schachtdurchmessern vo
bis 3,14 Meter (6 bis 10 Fuss) ausgeführt worden, welche sich nur
die von 5 bis auf 10 steigende Zahl der Erzziehöffnungen und ein
sprechende Menge Gasdüsen und Störräume unterscheiden.

Betrieb der Gichtgas-Röstöfen. Das Abwärmen eines neu g
ten Gasröstofens geschieht sehr leicht vor der Füllung mit Erz
brennende Gase. Beim Beginne des Betriebes füllt man da, wo ein
Vorrath von gerösteten Erzen vorhanden ist, den Ofen vor dem An
des Gasstromes mit solchen Erzen bis in die Nähe der Gaseinström
öffnungen, und mengt den darauf gestürzten rohen Erzen einige l
leicht entzündlichen Brennmaterials bei. Erst, nachdem dieses B
material von den Störräumen aus angezündet worden ist, lässt ma
Gas zuströmen, welches bald die Erze in eine solche Temperatur b
dass ein Verlöschen nicht wieder zu fürchten ist.

Zuweilen giebt man zwischen das zu röstende Erz auch wä
des regelmässigen Betriebes schwache Brennmaterialschichten, besch
diese auch wohl nur auf den der Ofenaxe nahe liegenden Theil de
schickung. Bei einer richtigen Ofenconstruction bedarf es indessen
keines Brennmaterials mehr, sobald der Ofen in gutem Gange ist.

Die Leitung eines Gasröstofens erfordert viel Aufmerksamkeit
stets eine gleichmässige Temperatur von angemessener Höhe zu erh
dafür übertreffen aber auch die Resultate eines gut beaufsichtigten
röstofens die eines jeden anderen Röstofens.

Beispiele für den Betrieb von Gichtgas-Röstöfen. Die
dernberger stadelartigen Röstöfen. In den S. 478 beschrieb
Oefen auf dem v. Fridau'schen Werke zu Vordernberg werden S

nsteine mit Kohlen geschichtet aufgegeben. Die Oefen liefern in 24 nden je 2500 Kilogrm. (50 Centner) geröstetes Erz [1]).

Man lässt das Gas so lange einströmen, bis die oberste Schicht Erz glühend wird, was in 6 bis 8 Stunden geschieht, lüftet dann einige stäbe, lässt so lange Erz herausfallen, bis rothglühende Stücke zum schein kommen, und füllt den Ofen von Neuem.

Die schwedischen Zuggasröstöfen. Die älteren schwedischen gasröstöfen, wie sie in Fig. 277 und 278 Seite 480 abgebildet worden , liefern in 24 Stunden 12 500 Kilogrm. (250 Centner) Röstgut aus ten Magneteisensteinen und Eisenglanz. Alle $1^1/_2$ Stunden wird an r Ausziehöffnung gezogen. Die Dannemora-Oefen (vergl. S. 481) von Meter (6 Fuss) Schacht-Dtr. an den Gasdüsen geben 20000 bis 00 Kilogrm. (400 bis 500 Centner) geröstete (Magnet-) Eisensteine.

Die Spannung der Gase beträgt bei beiden Arten schwedischer Oefen ähnlich 8,7 bis 10,9 Millimeter (4 bis 5 Linien) Wassersäule. Es ist bemerken, dass beim Abstellen oder Schwächen des Hochofengebläses Gasrohr durch einen Schieber abgesperrt werden muss, weil sonst der nofen durch den Röstofen Luft ansaugt und dadurch nicht nur der ieb des letzteren, sondern auch der des Hochofens gestört wird.

Die steierischen Oefen mit Rost. Diese Seite 483 und 484 in 278 bis 280 dargestellten Oefen haben in Steiermark ziemlich aus-ehnte Anwendung gefunden, z. B. zu Vordernberg, Lölling und nerz [2]).

Dieselben werden in Betrieb gesetzt durch Abbrennen einer Lage ht entzündlichen Brennmaterials, auf welches Erze bis zur halben e des Ofens gesetzt sind, worauf die Gase eingeleitet werden. Dann geschieht die Füllung des ganzen Ofens. Ein Ofen hält circa 4480 grm. (80 Centner) Erz. Das Ziehen und Aufgichten erfolgt in La-gen von circa 448 Kilogrm. (8 Centnern). Mit dem Ziehen der Erze n begonnen werden, sobald die vor den Gasschlitzen oder auf dem e liegenden Erze vollkommen abgeröstet sind. Das Zeichen zum hören des Ziehens wird durch das Erscheinen unvollkommen geröste-Erze gegeben. Zwei Arbeiter bedienen je vier Doppelöfen, wobei sie die Erze auf circa 30 Meter Entfernung anzufahren haben.

Vierzehn Oefen des Friedau'schen Werkes bei Vordernberg liefern 24 Stunden 56000 bis 67200 Kilogrm. (1000 bis 1200 Centner) ge-eter Erze, also pro Ofen circa 3920 bis 4480 Kilogrm. (70 bis 80 Ctr.).

Die schwedischen Gebläsegasröstöfen. Westman giebt als luctionsquanta für die Gebläsegasröstöfen je nach der Zahl ihrer Zieh-ungen Folgendes an:

---

[1]) Kerl, Metall. Hüttenkunde. Bd. III, S. 131. — [2]) Berg- u. hüttenm. Jahr-. Bd. XVI, S. 375.

Oefen mit

5 Ziehöffnungen	rösten	in 24	Stunden	22500 bis	30000 Kilogr.	(450 bis
6 „	„	„	„	27500 „	36000 „	(550 „
8 „	„	„	„	35000 „	48000 „	(700 „
10 „	„	„	„	45000 „	60000 „	(900 „ 1

Zu Söderfors röstet man nach Mosler [1]) in einem solcl Meter (21 Fuss) hohen Röstofen 45000 bis 60000 Kilogrm. 1200 Centner). Der Ofen hat unter der Windzuführung 2,8 (9 Fuss), an der Gichtöffnung 1,80 Meter ($5^3/_4$ Fuss) Dtr., sein stein ist 8,79 Meter (28 Fuss) hoch.

Die Windpressung beträgt in der Regel nicht über 6,5 bis meter (3 bis 4 Linien) Wassersäule.

Das Anhängen [2]) des Ofens geschieht auf folgende Weis werden alle Gaszutrittsöffnungen und Störräume mit Holzstüc gesetzt, theils um damit den Ofen in Brand zu stecken, theils un die Kanten dieser Oeffnungen vor Beschädigungen zu schützen. wird der Ofen bis zur Oberkante der Gasöffnungen gefüllt, nicht wie bei den Zuggasöfen mit geröstetem, sondern mit ro welches nicht so leicht wie jenes zerbröckelt. Dann folgt di bis zu den Arbeitsöffnungen, und zwar durch eine Mischung v 10 Volumtheilen Erz mit 1 Volumtheil Kleinkohle. Schliesslich den ganzen Ofen mit Erz, welches mit nur sehr geringen Meng material gemischt wird. Das Holz in den Gasöffnungen und Di nun angezündet, die Zugklappen werden geöffnet und so lange nachgefeuert, bis das Erz an der Gicht rothglühend wird. Dies 24 bis 36 Stunden statt. Dann erst wird das Gas zugelassen, allmälig, um Explosionen zu verhindern. Zuerst zieht man alle d den Erz aus, dann alle zwei Stunden, schliesslich bei beginnende werden der Erze alle 1 bis $1^1/_4$ Stunde. Im Anfange wird na Ziehen etwas Kleinkohle in die Ziehöffnungen geworfen, um möglichst unten zu halten, und man hört damit erst auf, wenn vor den Gasöffnungen teigig erscheint. Sollte der Hochofen Gas liefern, so giebt man auch bei regelmässigem Betriebe des sowohl unten als oben einige Kohlen in den letzteren.

Das Ziehen muss vorsichtig geschehen und nur aus unm Nähe der Ziehöffnungen, damit sich auf dem ebenen Boden e Pyramide mehr oder weniger gut gerösteten Erzes bilde, welch dig stehen bleibt.

Als Kennzeichen für die richtige Temperatur, welche man Gebläseöfen sehr leicht durch die Wind- und Gasmenge und d Register in der Esse reguliren kann und nur bei nicht ausreiche

---

[1]) Preuss. Zeitschrift für Berg-, Hütten- und Salinenwesen. 1866.
[2]) So nennt man oft die Inbetriebsetzung eines Röstofens. — [3]) Nach theilungen des Herrn Carstens in Christiania.

enge durch festes Brennmaterial erhöhen muss, dienen folgende Merk-
male: Rothglut in der Nähe der Ziehöffnungen; Sinterung vor den Gas-
sen (*k* der Fig. 281) — man muss erkennen, dass das Erz teigig ge-
wesen ist; teiginger Zustand des Erzes an der zweiten Reihe der Stör-
äume (*l* in Fig. 281); fast teigiger Zustand — die Kanten müssen noch
harf sein — vor der zweiten Reihe Störräume (*m* in Fig. 281); in den
heren Theilen des Ofens gleichmässig abnehmende Temperatur.

Bei sehr schwefelhaltigen Erzen röstet man auch zweimal. Das
ste Mal werden kopfgrosse Stücke in gelinder Temperatur unter be-
hränktem Gas- und Luftzutritt und bei seltenem Ziehen von Erz ge-
stet. Die Hitze wird hierbei mehr gleichmässig im ganzen Ofen ver-
eilt gehalten, und niemals bis zur Schmelzhitze gesteigert. Das einmal ge-
östete Erz wird dann in faustgrosse Stücke zerschlagen, einige Zeit dem
uswittern an der Luft ausgesetzt und dann nochmals unter Anwendung
ärkerer Hitze geröstet.

Es ist in der That durch die vollkommene Röstung, welche in diesen
efen stattfindet, möglich geworden, solche schwedische Erze brauchbar
ir den Hochofenbetrieb auf ein gutes Roheisen zu machen, welche früher
egen ihres hohen Schwefelgehaltes überhaupt nicht anwendbar erschienen.

γ. Röstung in liegenden Flammöfen und in geschlossenen Gefässen.

Flammöfen. Das Rösten von Eisenerzen geschieht höchst selten in
egenden Flammöfen [1]). Die Flammöfen erfordern eine bedeutende Hand-
beit, da die Oxydation immer nur an der Oberfläche der Erzschicht
ttfindet und diese daher durch häufiges Umarbeiten (Krahlen) erneuert
rden muss; sie haben ferner einen grossen Brennmaterialaufwand
thig in Folge der starken Wärmeausstrahlung durch das Gewölbe des
ns und wegen der geringen Transmission der Wärme von der Ober-
he der Erzschicht zu deren unteren Theilen. Obwohl nun bei gehöri-
n Umwenden des Erzes in solchen Oefen die Oxydation eine lebhaftere
als in Schachtöfen, und daher ein sehr schwefel- oder arsenreiches
z, welches in Schachtöfen nicht von diesen Bestandtheilen hinreichend
reit werden würde, noch darin abgeröstet werden kann; so stellt sich
h das Verhältniss in der Praxis der Regel nach derart, dass ein Erz,
lches sich im Schachtofen nicht hinreichend abrösten lässt, überhaupt
e mit ökonomischem Vortheile verbundene Verhüttung nicht mehr
trägt.

Nur wenn man sehr schwefel- oder arsenhaltige Erze bereits in dem
stande von Pulver oder kleinen Körnern fördert, lohnt sich zuweilen

---

[1]) Welche sich dadurch von den S. 465 u. f. beschriebenen Schachtflammöfen unter-
eiden, dass die Flamme nicht durch das in einem senkrechten Schachte befind-
e Röstgut, sondern über das in einem besonderen Raume von grosser horizon-
r Ausdehnung und geringer Höhe befindliche Erz streicht.

eine Röstung in liegenden Flammöfen. So röstet man z. B. auf der Hüt
zu Waldenstein in Kärnthen, wo man einen sehr schwefelhaltig
Eisenglanz verhüttet, denselben, soweit er als Erzklein (feines Erz) g
wonnen wird, in Flammöfen bei Holzfeuerung.

Es mag dahin gestellt bleiben, ob nicht in manchen Fällen, in w
chen die Verhüttung mulmiger oder kleinkörniger Eisensteine im Ho
ofen grosse Schwierigkeiten bereitet, eine vorhergehende schwache Sin
rung solcher Erze im Flammofen ökonomisch vortheilhaft sein wü
wenn auch dadurch die Reductionsfähigkeit beeinträchtigt werden so

Eisenstein-Röstflammöfen construirt man meist ähnlich wie di
Bd. I der Metallurgie S. 383 in Fig. 127 und 128 dargestellten Ku
erzröstöfen. Man bringt das zu röstende Erz, nachdem es auf dem G
wölbe des Ofens getrocknet ist, durch Oeffnungen, welche vermitt
Schiebern verschliessbar sind, auf die Sohle des Heerdes, wo es von
Flamme erhitzt wird, während durch die Feuerbrücke ein Luftstrom
Oxydation eintritt.

Um die bei solchen Oefen nöthige bedeutende Handarbeit zu v
ringern, hat Moser zu Eisenerz[1]) einen Flammofen mit schi
Sohle construirt. Die Neigung der Sohle entspricht dem natürli
Böschungswinkel des Erzes, und dasselbe gleitet von der Aufgeböffn
unter einem flachen Gewölbe hin der Flamme entgegen. Die Fla
wird durch Verbrennen von Hochofengasen erzeugt. Der Ofen hat
Länge von circa 5,65 Meter (18 Fuss) und eine Breite von 1,26 M
(4 Fuss). Die Neigung der Sohle ist oben 40°, unten 37°, und die Di
der Erzschicht soll hierbei circa 0,157 Meter (6 Zoll) betragen. Die S
ist aus Gusseisenplatten hergestellt. Die Gaszuleitung erfolgt durch R
ren, welche nahe der Ziehöffnung am Gewölbe des tiefsten Ofenth
rechtwinkelig zur Ofenaxe liegen und eine schlitzförmige Mündung hab
Die Verbrennungsluft tritt durch die Ziehöffnung ein. Das Erz wird
höchsten Theile des Ofens aus einem mit Schieber versehenen Fülltrich
aufgegeben. Das Gewölbe folgt nicht der ganzen Länge der Ofen
um so am oberen Ende eine Oeffnung für das Ausströmen der verbr
ten Gase und Röstdämpfe zu erhalten. Ein solcher Ofen soll in 24 St
den circa 14000 bis 16000 Kilogrm. (280 bis 320 Ctr.) abrösten, wel
mit einem Feuchtigkeitsgehalte bis zu 16 Proc. in denselben gelangen

Auf eine andere Weise hat Siemens[2]) die bei liegenden Fla
öfen nöthige Handarbeit zu beseitigen versucht. Er benutzt einen ho
zontalen Cylinder von Eisenblech, welcher auf Leitrollen laufend in R
tation versetzt werden kann. Das Erz, welches an dem einen Ende i
das Innere des Cylinders gelangt, wird durch spiralförmig angeordn
Vorsprünge der das Futter bildenden feuerfesten Steine gleichsam f
geschraubt und fällt am entgegengesetzten Ende stetig heraus, nachde

[1]) Berg- u. hüttenm. Jahrbuch Bd. XVI, S. 384. — [2]) Specification of Char
William Siemens. A. D. 1869, 21. May. Nro. 1575.

inem Flammenstrome, welcher den Cylinder in umgekehrter Richtung chströmt, ausgesetzt und dadurch geröstet worden ist. Der Flammenm wird durch verbrennendes Kohlenoxydgas erzeugt. Die Verbrengsluft geht in Canälen, welche in den Wandungen des Cylinders auspart sind, in derselben Richtung wie das Erz zu der Austrageöffnung, ärmt sich hierbei, kühlt gleichzeitig das Futter und trifft endlich auf Kohlenoxydgas, welches aus einer in der Axe des Apparates anrdneten Düse strömt. Durch Regulirung des Gas- und Luftzutritts n man leicht eine oxydirende, neutrale oder reducirende Röstatmoäre erzeugen. — So vollkommen dieser Apparat der Theorie nach heint, so wenig wird die Kostspieligkeit seiner Anlage und Unterung ihm voraussichtlich Eingang in die Praxis behuf Röstung von nerzen verschaffen.

Gefässöfen. Die Röstung in geschlossenen Gefässen ist dann erforlich, wenn das zu röstende Material vor jeder Einwirkung des Brennerials oder dessen Flamme geschützt werden soll.

Dieser Zweck liegt bei der Röstung der Eisenerze kaum jemals vor. hat zwar Aitken eine solche Röstung für Kohleneisensteine vorgeagen und angeblich mit Vortheil zu Almond-Eisenhütte bei Falkirk chottland eingeführt [1]), gemäss der Annahme, dass dadurch dem Kohisensteine der in mechanischer Mengung in demselben enthaltene lenstoff erhalten bleibe und für den Hochofenprocess nutzbar gemacht len könne. Aber derselbe hat vergessen, dass durch die Verbrennung s Kohlenstoffs sonst die zur Röstung nöthige Wärme erzeugt wird, he bei Ausführung seines Vorschlages von aussen zugeführt werden s. Es könnte also in dem erwähnten Verfahren nur dann ein Vortheil n, wenn der dem Kohleneisenstein beigemengte Kohlenstoff ein besseres, namentlich reineres Brennmaterial für den Hochofen wäre, als die ihn Hochofen ersetzenden Koks oder Holzkohlen. Dies ist aber keineswegs Fall, vielmehr ist die Kohle des Kohleneisensteins fast stets innig Schwefelkies gemengt, und gerade behuf einer kräftigen Oxydation Schwefels zieht man ja sogar eine Röstung jenes Erzes in freien fen der Ofenröstung vor [2]).

Aitken hat geneigte Retorten mit Rostfeuerung und Condensationsichtungen, wahrscheinlich zum Auffangen der übergehenden Kohlenerstoffe, vorgeschlagen.

Wenn man Gase zum Rösten verwenden wollte, welche, wie die der Verkokungsöfen, wegen ihres Schwefelgehaltes zweckmässig nicht den Erzen in Berührung gebracht werden dürfen, so würde die Anlung geschlossener Räume gerechtfertigter sein; doch finden solche bei einer zweckmässigen Verkokung zur Unterstützung dieses Pross selbst hinreichende Verwendung, und werden, falls sie nach einer

[1]) Practical Mechanics Journ. 1869. S. 201. — [2]) Vergl. S. 421 u. f.

solchen Verwendung noch zu viel Wärme enthalten, um in die Esse g[...] lassen zu werden, besser zur Dampferzeugung oder Winderhitzung benutzt.

Es ist auch vorgeschlagen worden, zwischen je zwei Koksöfen ein Röstofen einzuschalten, doch auch dies würde wegen der dadurch herbeigeführten Abkühlung der Koksofenwände eine unzweckmässige Einrichtung sein. Besser ist der Vorschlag von Bussius[2]), an das Ende der Koksofenreihe je einen Erzröst- oder Trockenofen zu legen, welcher von den abziehenden Gasen in Canälen umspült wird. Indessen ist eine solche Einrichtung nur für kleine Productionen ausreichend.

Das Rösten mit Wasserdampf.

Es ist bereits Seite 413 u. f. darauf hingewiesen worden, dass der Vortheil der Anwendung von Wasserdampf beim Rösten nur ein beschränkter sein kann. Man wird nach dem dort Gesagten die Anwendung von Wasserdampf wesentlich auf solche Erze beschränken, welche stark schwefelhaltig sind. Soll aber der Wasserdampf zur Entschwefelung dienen, so sind von vornherein alle Kohleneisensteine auszuschliessen. Für die Röstung der übrigen Erze ist erste Bedingung, dass der Ofen auf Flammenfeuerung eingerichtet sei, dass man also kein Brennmaterial zwischen die Erze einschichte. Der grössere oder geringere Erfolg wird in diesen Fällen von der Einführung mehr oder minder reiner, von unzersetzter atmosphärischer Luft freier Dämpfe abhängen.

Die Röstung der Eisenerze mit Wasserdampf wurde zuerst in Russisch-Finnland auf dem Eisenwerke Dals-Bruk nach dem Vorschlage von Nordenskjöld im Jahre 1843 eingeführt und verbreitete sich von dort auch nach dem Ural und nach Deutschland.

Die Röstung der in Dals-Bruk verhütteten schwefelkieshaltigen Magneteisensteine geschah anfangs in gewöhnlichen Oefen mit Flammenfeuerung (siehe S. 468), später (1845) wurde indessen der in seinem unteren Theile in Fig. 288 und 289 abgebildete Ofen benutzt[3]).

Die Feuerungsvorrichtung *dc* ist mit einem Schweinerücken *e* bedeckt, über welchen hin das eiserne Dampfrohr *r* läuft. Dasselbe ist an jeder Seite mit acht kleinen Oeffnungen versehen, durch welche der Dampf in den Ofen tritt. Das Dampfrohr wird vor Beschädigungen durch die Erze und Verstopfungen durch den Erzstaub vermittelst des kleinen gusseisernen Daches *s* geschützt.

Scheerer führt bei der Beschreibung dieses Ofens an, dass für die günstigste Wirkung der Wasserdämpfe auf das in der Röstung befindliche Eisenerz ein gleichzeitiger Luftzutritt durchaus erforderlich sei.

---

[1]) Vergl. S. 126. — [2]) Berg- u. hüttenm. Zeit. 1862. S. 330. — [3]) Vergl. Scheerer's Metall. Bd. II, S. 78.

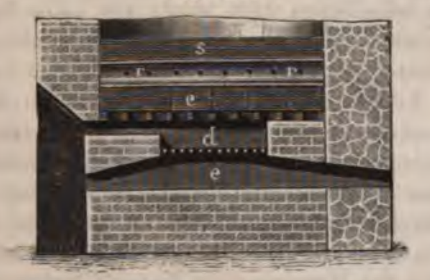
dies wie folgt: „Schwefeleisen und Wasserdämpfe zerlegen ein-
Eisenoxydul und Schwefelwasserstoff. Würde letzteres in den

Fig. 288.



Verticalschnitt.

Fig. 289.



Verticalschnitt, rechtwinkelig zu Fig. 288.
Dampfröstofen zu Dals-Bruk.

heil des Röstofens gelangen, so würde es hier jedenfalls theil-
egt werden und eine neue Portion Schwefeleisen bilden. Findet
ein hinreichender Luftzutritt statt, so verbrennt der gebildete
asserstoff sogleich zu schwefliger Säure, welche bei ihrem Auf-
rch das Erz von keinem schädlichen Einfluss ist."

sehen von der Unhaltbarkeit der Ansicht, dass sich freies Eisen-
bilden könne, wenn wie im vorliegenden Falle gleichzeitig Koh-
gegenwärtig ist, wird auch, wie bereits Seite 414 erläutert,
Versuche Regnault's, Patera's, Plattner's und Anderer,
rer bei Abfassung seines Werkes allerdings noch nicht kannte,
s umgekehrte Verhältniss insofern constatirt, als mit der Zu-

bildet sich bei allen Eisenhüttenprocessen als niedrigste Oxydationsstufe
Zustande immer nur ein oxydulreiches Eisenoxydoxydul. Vergl. Bd. I,

nahme des Luftzutritts der Vortheil der Wasserdampfröstung sch
und die Röstung sich einer gewöhnlichen Luftröstung gleichstellt
dem ist auch die Neubildung von Schwefeleisen in höheren Regio
Ofens deshalb nicht zu fürchten, weil im Gegensatz zu den vorh
Oxyden, selbst bei den schlechtesten noch anwendbaren Erzen,
nissmässig sehr geringe Quantitäten Schwefelwasserstoff entsteh
daher reichlich Sauerstoff zur Oxydation sowohl des Schwefels
Wasserstoffs vorhanden ist, auch ohne dass atmosphärische Luft z
wird. Denn man darf nicht vergessen, dass man es hier niemals
Röstung von Schwefelkies, Magnetkies oder dergleichen Schwef
dungen, sondern immer nur mit der Röstung von Eisenoxyden
kleine Mengen solcher Schwefelverbindungen beigemengt entha
thun hat.

Der Dampfröstofen ist in Deutschland zur Röstung von Mag
steinen und Kohleneisensteinen in Vorwärtshütte bei Waldenb
suchsweise angewendet worden. Der dortige Ofen nach Norden
Construction hatte 7,84 Meter (25 Fuss) Höhe, 1,88 Meter (6 Fu
durchmesser, und erweiterte sich nach unten bis auf 2,82 Meter
In den in Betrieb befindlichen Ofen wurde alle halbe Stunde ei
nuten lang überhitzter Dampf von circa 2½ Atmosphären Spann
gelassen. Man röstete täglich 12500 Kilogrm. (250 Ctr.) Mag
stein und 3800 Kilogrm. (76 Ctr.) Kohleneisenstein mit 1 bi
Schwefel mit einander gemischt ab. Es ist nicht zu zweifeln, da
eine einfache Aenderung der Ofenconstruction, bei welcher durcl
röstete noch heisse Erz Luft in hinreichender Menge hätte
können, dieselben Resultate auf ökonomischere Weise erreicht
wären, wenn man bedenkt, dass die dem Kohleneisenstein ein
Kohle die Wirkung des Wasserdampfes fast auf Nichts reducirte
ist daher nicht auffallend, dass hier sowohl wie in Hörde der
bald aufgegeben worden ist.

Für Spatheisensteine hat Ihne einen Röstofen mit durchlö
kegelförmigem Boden oder Einsatz behuf Einleitens des Dam
geschlagen [1]), doch scheint derselbe nirgends in dauernde An
gekommen zu sein.

Für eine vollständige Abröstung des Schwefelkieses zum Zw
Benutzung der Röstrückstände für die Eisenfabrikation hat Bru
vorgeschlagen, dem Erze 10 Proc. Koks oder magere Steinkoh
mengen, und durch den Schachtröstofen, in welchen es aufgegel
1½ Stunden lang abwechselnd überhitzten Wasserdampf und
Gebläseluft strömen zu lassen, in der Erwartung, dass durch d
Kohlenoxyd gebildet werde, welches die an den einzelnen Erzstü
bildende Eisenoxydkruste (und die schwefelsauren Salze derselbe

[1]) Vergl. auch Plattner's Röstprocesse S. 248 u. 249. — [2]) Schles
schrift. 1861. S. 279. — [3]) Journ. des mines. 1861. Nro. 5.

n und die erneute Entstehung von Schwefelmetall durch den noch im
eren der Stücke enthaltenen Schwefel veranlassen solle. Das so ent-
ıdene Schwefelmetall könne dann von Neuem durch den Wasserdampf
Eisenoxyd und Schwefelwasserstoff umgewandelt werden. Brunfaut
enkt indessen nicht, dass der Wasserdampf gerade durch die Bildung
Kohlenoxyd an Wirksamkeit verliert, und dass der erwartete Vortheil
t vollständiger durch eine einfache Luftoxydation bei Einmengung
Brennmaterial in das Erz erreicht werden kann.

In den meisten Fällen wird da, wo man in Oefen mit eingeschich-
m Brennmaterial, also mit wesentlich reducirender Atmosphäre röstet,
l wo der Ofen keine derartige Construction hat, dass das abgeröstete,
sse Erz von einem kräftigen Luftstrome durchzogen wird, wo also
grosser Theil des Schwefels unzersetzt zurückbleibt, das Bespritzen
heiss ausgezogenen Erze mit Wasser sich besser bewähren, als
Dampfrösten, und sich mit geringeren Kosten ausführen lassen; wo
dagegen einen hohen Schwefelgehalt in Form von löslichen schwefel-
ren Salzen (Vitriolen) im Erze zurückbehält, da wird der im Folgen-
beschriebene Auslaugeprocess zur Ausübung kommen müssen.

Der Röstverlust.

Unter Röstverlust (Röstkalo) versteht man die Gewichtsveränderung,
che die Eisenerze durch das Rösten erfahren.

Allgemein gültige Zahlen lassen sich für den Röstverlust einer jeden
sorte nicht anführen, da der Gehalt an hygroskopischem Wasser in
chen Erzen, selbst bei sonst gleicher Zusammensetzung, stetig schwankt.
ch für lufttrockene Erze ist indessen der zu erwartende Röstverlust
nach vorgängiger Analyse zu bestimmen, da nicht nur die Zusam-
nsetzung der Eisenverbindung, welche in dem Erze auftritt, von Ein-
s ist, sondern die Gangarten und Nebenbestandtheile des Erzes eben-
s in Betracht gezogen werden müssen. Zudem wird der Gewichts-
lust, welchen ein Erz durch Verflüchtigung von gewissen Bestand-
ilen erleidet, zum grösseren oder geringeren Theile durch Aufnahme
lerer wieder ausgeglichen; so oxydirt sich unter gewissen Bedingungen
Eisenoxydul zu Eisenoxydoxydul oder Eisenoxyd, aus einem Theil
Schwefelmetalls wird schwefelsaures Metalloxyd, aus kohlensaurem
lk wird schwefelsaurer Kalk gebildet; endlich zieht das geröstete Erz
h wieder hygroskopisches Wasser durch Liegen an der Luft an. Durch
letzten Vorgang wird das Gewicht des abgerösteten Erzes durch-
nittlich um 2 bis 6 Proc. vermehrt und zwar um so weniger, je fester
Erz ist, um so mehr, je mulmiger und poröser es ist. Bei Erzen,
lche Kalk enthalten, tritt je nach der Menge dieses Stoffes eine viel
eutendere Gewichtsvermehrung durch Aufnahme von Wasser in den
ch das Rösten gebildeten kaustischen Kalk ein.

[illegible]

... Zusammensetzung ... zu bestimmen, und es dienen ... der Tabelle auf Seite 447 zusammengestellten ...

Auf die durch die beigemengten Schwefelmetalle bedingten Gewichtsveränderungen braucht man für die Praxis keine Rücksicht zu nehmen. ... sind fast immer zu gering, um von Bedeutung zu sein, und die Unsicherheit, in wie weit die betreffenden Metallverbindungen in Oxyde oder Vitriole übergeführt werden, lässt kaum eine annähernd genaue Berechnung zu.

[1] Oesterr. Jahrb. X, S. 312.

	der Formel		Gewichtstheile		Gewichtstheile		Gewichtstheile
	oder		und				
Kohlensaures Eisenoxydul (Spatheisenstein)	$FeOCO_2$	$FeCO_3$	62 Eisenoxydul	38 Kohlensäure	64,33 Eisenoxydoxydul $= \left\{ \begin{matrix} Fe_4 \\ Fe \end{matrix} \right\} O_7$	68,9 Eisenoxyd (FeO_3)	—
Kohlens. Manganoxydul .	$MnOCO_2$	$MnCO_3$	61,74 Manganoxydul	38,26 Kohlensäure	66,38 Manganoxydoxydul $= \left\{ \begin{matrix} Mn \\ Mn \end{matrix} \right\} O_4$	—	—
Kohlensaurer Kalk (Kalkstein)	$CaOCO_2$	$CaCO_3$	56 Kalk	44 Kohlensäure	56 Kalk	—	74 Kalkhydrat $= H_2CaO_2$ } durch Wasseraufnahme 136 schwefels. Kalk $= CaSO_4$ } durch Schwefelsäureaufnahme
Kohlensaure Magnesia . .	$MgOCO_2$	$MgCO_3$	47,62 Magnesia	52,38 Kohlensäure	47,62 Magnesia	—	—
Eisenoxydoxydul (Magneteisenerz)	$FeOFe_2O_3$	$\left. \begin{matrix} Fe \\ Fe \end{matrix} \right\} O_4$	72,41 Eisen	27,59 Sauerstoff	—	103,45 Eisenoxyd (FeO_3)	96,55 Eisenoxydoxydul $= \left\{ \begin{matrix} Fe_4 \\ Fe \end{matrix} \right\} O_7$ } in reducirender Atmosphäre
Eisenoxyd (Rotheisenerz) .	Fe_2O_3	FeO_3	70 Eisen	30 Sauerstoff	—	—	93,33 „ } in reducirender Atmosphäre
Eisenoxydhydrat (Brauneisenerz)	$2Fe_2O_3, 3HO$	$\left. \begin{matrix} H_3 \\ Fe_2 \end{matrix} \right\} O_9$	85,56 Eisenoxyd	14,44 Wasser	85,56 Eisenoxyd	—	79,85 „ } in reducirender Atmosphäre
Wasserhaltiger schwefelsaurer Kalk (Gyps) . .	$CaO, SO_3 + 2HO$	$CaSO_4 + 2$ aq.	32,56 Kalk	{ 46,51 Schwefelsäure 20,93 Wasser	79,07 wasserfreien schwefelsauren Kalk	—	—

Die Röstgase.

Die Röstgase bestehen aus den Dämpfen des hygroskopischen
chemisch gebundenen [1]) Wassers der Erze, ferner aus Kohlensäure
Kohlenoxyd, welche beide theils aus den Erzen [2]), theils aus den Br
materialien [3]) stammen, endlich aus schwefliger Säure, Schwefelsäure,
Schwefeldampf, wenn die Erze Schwefelmetalle, und aus arseniger S
wenn die Erze Arsenmetalle enthalten.

Die Zusammensetzung der Gase ist stets derart, dass ein N
von ihnen nicht zu erwarten ist. Es genügt selbst im günstigsten F
weder die Menge des Kohlenoxydgases, um die Gase verbrennlich
machen und ihnen dadurch den Charakter eines noch nutzbaren Br
materials zu geben, noch die Menge der schwefligen Säure, um
Schwefelsäurebereitung darauf zu gründen, und am allerwenigsten
Menge des Arsens, um eine Condensation zur Gewinnung von Gi
zu gestatten. Es bietet also keinen Vortheil, die Röstgase aufzuf
Andererseits wirft sich die Frage auf, ob die Röstgase schädl
für Gesundheit und Vegetation wirken können, und ob daher in Fä
wo die Röstgase auf Wohnungen und Pflanzungen treffen, Vorkehru
gegen ihre Einwirkungen getroffen werden müssen. Obwohl diese Fr
ihre Bejahung im Voraus angenommen, dann kaum von Bedeutung
wenn die Röstöfen auf der Hütte selbst befindlich sind, weil dort Nie
Anspruch auf eine besonders reine Luft erheben und eine üppige Ve
tation in nächster Nachbarschaft verlangen wird, weil ferner dort
meisten Anwohner nur durch das Hüttenwerk ihren Unterhalt erla
und daher gewiss keinen Grund haben, wegen einiger Belästigungen
Einschränkung des Hüttenbetriebes zu erwarten: so erlangt diese Fr
doch in dem anderen Falle oft eine grosse Bedeutung, wenn die Röst
in der Nähe der Grube vorgenommen werden soll, wo oft Felder, Wi
und Wälder bisher ungestört grünten, und die Anwohner sich der rei
Luft erfreuten, wo auch die durch die Röstung hervorgerufene indust
Thätigkeit oft keinen Ersatz, selbst für geringe Beschädigung und Un
nehmlichkeit, bieten würde.

Die Gase strömen bei den meisten Röstöfen, namentlich bei allen den
welche nicht mit erweiterter Gicht versehen sind, mit einer Tempera
von 200° bis 300° aus. Liegen Röstöfen daher an Bergabhängen, so dass
Gase bald nach ihrem Ausströmen auf Vegetation treffen, so können

[1]) Bei Brauneisensteinen. — [2]) Denn die Kohlensäure der Spath-, Thon-
Kohleneisensteine wird bei der Oxydation des Eisenoxyduls in Oxydoxydul the
weise zersetzt, vergl. S. 411. — [3]) Nur selten wird alle durch Verbrennung ge
dete Kohlensäure in Kohlenoxyd übergeführt werden, wenn auch das Erz mit ei
geschichtetem Brennmaterial geröstet wird.

letztere schon allein durch ihre hohe Temperatur zerstören. Aus
sem Grunde sind also derartige Anlagen zu vermeiden, oder wenn sie
ch Localverhältnisse bedingt sind, müssen die Gase durch eine auf
Ofen gesetzte Esse in höhere Luftregionen geführt werden. Am
ädlichsten wirken auf benachbarte Felder, Wälder u. s. w. in dieser
iehung natürlich die Rösthaufen und Röststadeln. Versuche von
eytag[1]) haben gezeigt, dass Dämpfe, welche aus einer circa 19 Meter
Fuss) hohen Esse mit etwa 400° Temperatur ausströmen und sich
den Boden senken, hier die Temperatur um noch nicht 1° C. erhö-
[2]). Während sich daher bei einem ordentlich gebauten Röstofen der
dem erwähnten Grunde etwa entstehende Nachtheil durch eine hin-
hende Abkühlung der Röstgase vor ihrer Berührung mit der Vegeta-
leicht beseitigen lässt, entstehen weit häufiger erhebliche Nachtheile
Belästigungen aus der chemischen Zusammensetzung der Gase. Zwar
weder vom Wasserdampf, noch auch von der Kohlensäure und dem
lenoxyde im kalten Zustande und in der Verdünnung, welche sie
rt bei ihrem Austritt aus dem Ofen durch die Luft erleiden, irgend
Nachtheil für die Gesundheit der Anwohner oder für die Vegetation
fürchten, wie ersteres von den Hochofengasen (Seite 389) gezeigt
den ist, wohl aber genügt schon eine nicht übermässig grosse Menge
schwefliger Säure und Schwefelsäure hierzu.

Dass diese Gase die Vegetation stark beschädigen können, ist allge-
n bekannt. Sie bewirken eine Veränderung des Chlorophylls (Blatt-
ns) und ein Absterben der von ihnen getroffenen Pflanzentheile, wenn
sser (Thau, Regen etc.) zugegen ist, bei andauerndem Einflusse eine
lige Ertödtung der ganzen Pflanze.

Pappenhein's Untersuchungen in dieser Beziehung[3]) führten zu
genden für die Constatirung der Beschädigung einer Vegetation durch
e Gase sehr wichtigen Resultaten:

1) Roggenhalme, der Einwirkung des schwefligsauren Gases aus-
etzt, gaben einige Stunden nach solcher Einwirkung, wenn sie in-
ischen nicht abgespült worden waren, saure Reaction an einige Tropfen
sser ab, mit welchen man sie wusch. Andere Blätter zeigten noch
ei Tage nach der Beschädigung die saure Reaction.

---

[1]) Vergl. Wissenschaftliches Gutachten über den Einfluss, welchen die Mans-
ler Hüttenwerke etc. ausüben, von Prof. Dr. Moritz Freytag. Eisleben 1870.
[2]) Wiederholte Messungen der Temperatur der aus einem 37,7 Meter (120 Fuss)
en Schornsteine in einer Entfernung von 94 bis 157 Meter (300 bis 500 Fuss)
niederschlagenden Dämpfe mit einem in Zehntelgrade getheilten Thermometer
en dem Beobachter den Beweis geliefert, dass in diesem Falle die Temperatur-
hung der unteren, mit dem Boden in Berührung stehenden Luftschicht noch
en Zehntelgrad C. betrug, dass also die Verdünnung der Schornsteingase eine
r als viertausendfache war (loc. cit. S. 5). — [3]) Vergl. Verhandlungen des
ss. Gewerbevereins 1865. S. 73.

Freytag fand, dass zwar eine Luft, welche mehr als
wichts- oder mehr als 0,0018 Volumenprocente schweflige Säu
die Chlorophyllmassen der feuchten grünen Blätter von Wei
und Erbsen derart zerstört, dass man die Einwirkung schon
gen Stunden deutlich wahrnehmen kann; dass aber die Luft
Gehalte von 0,003 Gewichts- oder 0,00135 Volumenprocenten
Säure den grünen Blättern und somit auch den ganzen Pfl
Weizen, Hafer und Erbsen, selbst bei ununterbrochener Einwirk
den für die Zerstörung günstigsten Verhältnissen von Wärme u
tigkeit, nicht den geringsten Schaden zufügt. Auch nach St
ist die Luft mit 0,00125 Volumenprocenten an schwefliger Säu
sam auf angefeuchtete Nadelholz-Topfgewächse, welche ihr
Glaskasten ausgesetzt wurden, obwohl Nadelhölzer noch empfin
Blattpflanzen zu sein scheinen. Uebrigens ist die Einwirkung d
ligen Säure nicht auf alle Blätter gleich stark, und die saftige
Blätter werden am meisten angegriffen.

Im Allgemeinen lässt sich aus den bisher angestellten Beob
für Eisenerzröstöfen als unbedingt allgemein gültig folgern, da
nachbarte Land selbst durch die aus der Luft sich nieder
schweflige Säure oder Schwefelsäure [1]) unter keinen Umstände
Bodenbeschaffenheit nachtheilig verändert wird und dass die
der Pflanzen hauptsächlich durch die mit den Gasen ausgestr
serfreien schwefelsauren Salze (die Vitriole) geschieht, wenn
Auffallen derselben auf die Blätter eine schwache Befeuchtung d
oder Nebel stattfindet; während dagegen Regen durch Absp
Verdünnung der Lösung nur vortheilhaft wirkt.

Es ist selbstverständlich, dass die schädliche Einwirkung

Da nun eine Condensation der schwefligen Säure nach erfolgter Oxydation zu Schwefelsäure wegen der verhältnissmässig starken Verdünnung derselben durch die übrigen Bestandtheile der Gase unausführbar ist, so lässt sich gegen die nachtheilige Einwirkung dieser Gase kein anderes Hülfsmittel auffinden, als eine noch stärkere Verdünnung derselben vor ihrer Berührung mit der Vegetation. Dies geschieht am besten durch Aufsetzen von Essen oder Rauchmänteln auf die Gicht der Oefen, welche die Gase in so grosse Höhe führen, dass sie, bevor ihr Niederschlag aus der Atmosphäre auf die Pflanzen erfolgt, zu stark vermischt werden, um noch schädlich einwirken zu können. Ein solcher Rauchfang muss mit verschliessbaren Thüren versehen sein, durch welche die Beschickung des Ofens erfolgen kann. Am zweckmässigsten legt man diese Thüren der herrschenden Windrichtung zugekehrt an.

Die Höhe des Rauchfanges wird von localen Verhältnissen abhängen müssen, doch kann man sich in den meisten Fällen mit einer Höhe von 6,3 bis 9,4 Meter (20 bis 30 Fuss) über der Gicht begnügen.

Einen solchen Rauchfang, wie er im Siegener Lande gebräuchlich ist, stellt Fig. 290 (a. f. S.) dar.

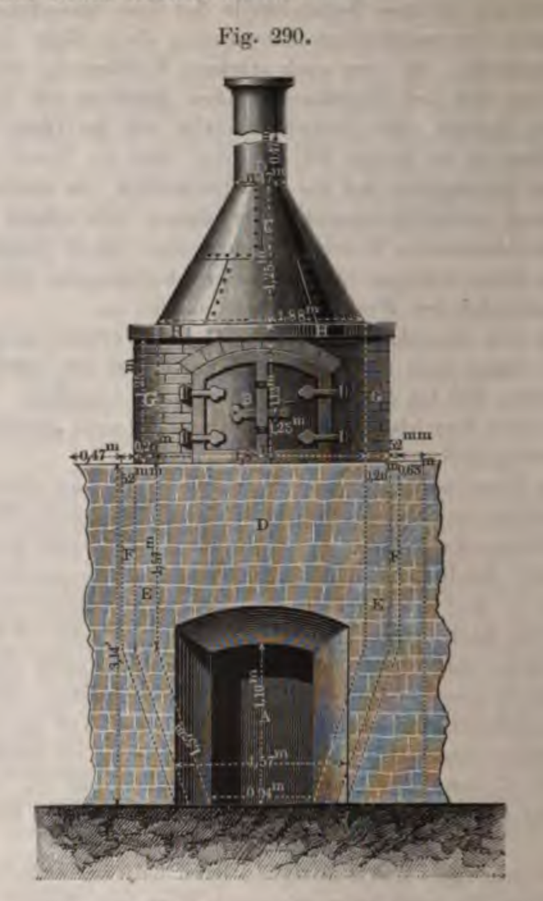
D ist das Mauerwerk, welches eine grössere Zahl von neben einander liegenden Röstöfen gemeinschaftlich umschliesst. Das Innere eines solchen Ofens, sowie dessen Kernschacht *E* und Füllung *F* ist durch punktirte Linien angedeutet. Am Boden befinden sich zwei einander gegenüber gelegene Ziehöffnungen *A*. Auf die Gicht des im Querschnitt runden Ofenschachtes ist eine ebenfalls kreisförmige Mauer *G G* von 1,25 Meter (4 Fuss) Höhe aufgesetzt, welche mit einer oder zwei Aufgebeöffnungen versehen ist. Diese sind durch eiserne Thüren in den Zwischenzeiten zwischen der Arbeit des Aufgebens hinreichend dicht verschlossen. Auf das Mauerwerk ist eine aus Blech hergestellte Kappe *HH* aufgesetzt, an welche sich der conische Theil *C* von 1,25 Metern (4 Fuss) Höhe und die 5,65 Meter (18 Fuss) hohe Esse anschliesst. Kappe und Esse sind aus Blech zusammengenietet.

Eine sehr unangenehme Belästigung kann bei schwefelhaltigen Erzen erwachsen, wenn die noch heiss gezogenen Erze mit Wasser abgelöscht werden, wobei sich reichlich Schwefelwasserstoff entbindet. Obwohl der letztere weniger der Vegetation nachtheilig ist, als schweflige Säure, so ist er doch weit lästiger für die Anwohner. In solchen Fällen thut man gut, vor den Ziehöffnungen kleine geschlossene Vorbaue zu errichten, welche das frisch gezogene und abzulöschende Erz aufnehmen, und diese mit Abzügen in der Firste zu versehen, welche, am Ofengemäuer aufwärts laufend, in die vorher beschriebene Esse münden.

Der Arsengehalt, welchen Eisenerze besitzen, ist gewöhnlich so gering, dass ein Nachtheil für Vegetation und Gesundheit nicht von ihm zu fürchten ist. Andernfalls schützt eine genügende Abkühlung der Gase durch eine hohe Esse, vereinigt mit einer weiten Ofengicht, vor Schaden, da die arsenige Säure den Vortheil gegen die schweflige Säure bietet,

dass sie condensirbar ist, und dass daher schon durch die Erniedri
der Temperatur Etwas erreicht werden kann.

Fig. 290.



Röstofen mit Rauchfang.

Ein zuweilen grosser Nachtheil für die Vegetation entsteht, w
reits erwähnt, durch den von den Röstgasen mitgerissenen oder de
Ziehen der gerösteten Erze sich entwickelnden oft noch heissen
welcher aus feinen Erz- und Kohlentheilchen besteht und theils
durch den Gehalt an schwefelsauren Salzen, besonders aber durch
nische Verstopfung der Pflanzenporen zerstörend wirkt. Die beschri
Vorkehrungen, Rauchfang und Vorbaue, welche letztere in diesem
keine Abzüge zu besitzen brauchen, genügen meist auch zum S
gegen die Uebelstände, welche dieser Röststaub mit sich bringt.

Uebrigens ist auch die hieraus entstehende Gefahr kleiner, al

wöhnlich glaubt, denn Freytag [1]) hat durch Versuche, welche er mit r Lösung der schwefelsauren Salze von Zinkoxyd, Kupferoxyd, Eisenyd, Kobaltoxyd und Nickeloxyd, sowie der arsenigen Säure anstellte, funden, dass ein Schaden für die Vegetation nur entsteht, wenn diese sungen concentrirt sind; denn wenn man die Pflanzen mit Lösungen n 0,1 Proc. der Metallverbindungen während ihrer ganzen Vegetationsriode täglich begiesst, zeigt sich noch nicht die geringste Störung in r Entwickelung.

Im Anschluss möge noch erwähnt werden, dass schwefelhaltige Erze ch dem Rösten oft schwefelsaure, in Wasser lösliche Salze enthalten, ss daher der Lagerplatz für solche Erze nach ihrer Röstung stets mit ner wasserdichten Sohle und Schutzmauer versehen sein sollte, welche n Abfluss des Regenwassers, nachdem es die Erze ausgelaugt hat, auf e benachbarten Felder und Wiesen, oder seinen Erguss in Bäche und üsse, deren Wasser zum Bereiten von Nahrungsmitteln benutzt werden ll, verhindert.

Nebenproducte beim Rösten der Eisenerze.

Beim Rösten der Eisenerze treten unter gewissen Bedingungen Bilngen auf, welche, obgleich ohne grosse praktische Bedeutung, doch ein issenschaftliches Interesse bieten.

Röstet man Spatheisenstein, so verwandelt sich derselbe, wie gezeigt rden, in Eisenoxydoxydul von wechselnder Zusammensetzung, welches h an den Stellen, wo eine zu grosse Hitze, mithin eine Schmelzung ttfand, zuweilen in scharf ausgebildeten regulären Octaëdern, ganz n Ansehen des natürlichen Magneteisensteins, ansetzt; doch zeigen ch andere Eisenerze ein analoges Verhalten [2]). Leonhard [3]) beschreibt che Octaëder mit treppenförmig eingesenkten Flächen von mehr als Millimeter (3 Linien) Kantenlänge aus Schweden, ferner solche, welche Plons bei Sargans in der Schweiz beim Rösten von Rotheisensteinen alten wurden, neben denen in Drusen des halbgeschmolzenen Erzes h nadel- und haarförmige Krystalle vorkamen. Im Siegerlande und zu gdesprung im Harze sind aus Spatheisenstein entstandene Magneteisennkrystalle gar nicht selten.

Tritt an Stelle der Röstung eine Schmelzung, so erzeugen sich nicht ten Producte, welche die grösste Aehnlichkeit mit den beim Hochofend anderen Eisenhüttenprocessen fallenden Schlacken haben und daher der Besprechung jener Erwähnung finden werden. Hier sei nur berkt, dass sich beim zu scharfen Rösten von quarzhaltigen Eisensteinen, mentlich von Magnet- oder Spatheisenstein, häufig kieselsaures Eisenydul bildet, welches die Krystallformen der Frischschlacke zeigt [4]).

---

[1]) Op. cit. p. 7. — [2]) Rammelsberg, Chem. Metall. 1865. S. 139. Siehe auch hl. I, S. 186. — [3]) Leonhard, Hüttenerzeugnisse 1858. S. 93. — [4]) Karsten's hiv. Erste Reihe. Bd. IX, S. 201 u. f.

Röstet man Eisenerze, und namentlich Kohleneisenstein, in redu
render Atmosphäre zu stark, so wird nicht selten ein schwach gekohl
schmiedeisen- oder stahlartiges metallisches Eisen erzeugt.

2. Verwittern und Auslaugen der Eisenerze.

Das Verwittern beruht auf der Einwirkung der Atmosphär
auf die rohen oder bereits gerösteten Erze und kann theils eine Ae
rung der physikalischen Beschaffenheit dieser Erze bezwecken, in welc
Falle die Temperaturschwankungen der Luft die wesentlichste Rolle d
spielen, theils aber eine chemische Umänderung derselben. Im letzt
Falle wirkt hauptsächlich der Sauerstoff der Luft im Verein mit
Feuchtigkeit derselben als oxydirendes Agens ein.

Das Auslaugen der Erze beruht auf der Lösung der durch
Verwittern oder durch das Rösten gebildeten löslichen Salze vermit
des mit der Atmosphäre niedergeschlagenen oder vermittelst absich
und künstlich zugeleiteten Wassers, nur selten auf der Benutzung and
Lösungsmittel.

Beide Processe gehen fast stets Hand in Hand und sind um so
niger zu trennen, als während des Auslaugens das Verwittern fortsd
tet, und während des Verwitterns bereits das Auslaugen beginnt.

Physikalische Veränderungen beim Verwittern. Dem Verwit
zum Zwecke einer bloss physikalischen Aenderung werden namentlich T
eisensteine ausgesetzt, welche aus Nieren bestehen, deren äussere Sch
eisenarm oder eisenfrei sind, während der Kern eisenreicher ist. Lässt
solche Eisenerze, den verschiedenen Temperaturen der Jahreszeiten
namentlich dem Wechsel zwischen Frost und Thauwetter ausgesetzt, län
Zeit liegen, so wird durch das in die Poren eindringende Wasser, nam
lich wenn es gefriert, eine Schale nach der anderen abgelöst, und der ei
reiche Kern bleibt rein zurück, ohne dass eine Handscheidung erfor
lich wäre. Durch diesen Vorgang erspart man z. B. in Süd-Wales
jährlich grosse Summen, welche sonst für die Scheidung vieler Erze
der Steinkohlenformation [1]) nöthig werden würden. Die Nachtheile
Verwitterung beruhen darin, dass das in den Erzen steckende Ca
längere Zeit (gewöhnlich ein Jahr lang) unverzinst bleibt, und der R
auf welchem die Erze lagern, nicht anderweitig benutzt werden l
Der letztere Grund ist es namentlich, der häufig eine sonst vortheil
Verwitterung unausführbar macht.

Auch auf Erze, welche sich in dem Zustande ihrer Förderung
schwer zerkleinern lassen, z. B. manche Magnet- und Rotheisens
äussert ein Auswintern häufig einen sehr günstigen Einfluss und ve

---

[1]) Abthl. I, S. 286.

-t die Kosten bedeutend, welche durch die Zerkleinerungsarbeiten er-chsen. Ja bei vorher gerösteten kalkhaltigen Erzen kann der Einfluss - Verwitterung zuweilen in mehr als erwünschtem Maasse eintreten. nämlich beim Rösten die kohlensaure Kalkerde in kaustischen Kalk ergegangen ist und dieser an der Luft allmälig Feuchtigkeit anzieht, öscht wird und ganz zerfällt, so werden die Erze dadurch mitunter ganz kleine, beim Hochofenbetriebe sehr ungünstig wirkende Brocken gewandelt.

Chemische Veränderungen beim Verwittern. Die chemischen nwirkungen der Luft beim Verwittern der Eisenerze sind in vielen ziehungen denen sehr ähnlich, welche beim Rösten in oxydirender At-sphäre vor sich gehen, nur verlaufen sie langsamer, weniger energisch, d lassen sich entweder gleichzeitig, oder abwechselnd mit einer Aus-gung der gebildeten löslichen Salze ausführen.

Der Zweck des Verwitterns behuf chemischer Veränderung ist mei-ntheils eine Entfernung von Schwefel oder Arsen, nicht die Austrei-ng von Kohlensäure, welche nur äusserst langsam, oder die Entfernung s Hydratwassers, welche gar nicht erreicht werden kann, noch auch e höhere Oxydation des Eisens in oxydulhaltigen Erzen, welche zwar ttfindet, aber eine viel zu lange Zeit braucht, um in dem Maasse ein-treten, dass daraus ein Nutzen für die Praxis erwachsen könnte.

Die das Eisenerz verunreinigenden Schwefelmetalle werden durch Einwirkung der Luft allmälig in schwefelsaure Salze (Vitriole) über-ührt, welche zum grossen Theil Löslichkeit in Wasser besitzen. Diese wandlung findet um so schneller und vollkommener statt, je poröser Erze sind. Deshalb unterwirft man nur selten rohe Erze der Verwit-ung, sondern meist nur durch Röstung aufgelockerte Erze, in denen Theil unzersetzter Schwefelmetalle zurückgeblieben ist. Die wichtig- Schwefelmetalle, welche die Eisenerze verunreinigen, sind Schwefel-n (Schwefel- und Magnetkies), Schwefelkupfer (namentlich in Verbin-g mit Schwefeleisen im Kupferkies), Schwefelzink (Zinkblende), Schwe-lei (Bleiglanz). Von diesen werden Schwefeleisen und Schwefelkupfer leichtesten, Schwefelzink und Schwefelblei dagegen nur so schwierig ch Verwitterung in Vitriol übergeführt, dass ein praktischer Erfolg on nicht zu erwarten ist. Von den gebildeten Vitriolen ist der des es so schwer in Wasser löslich, dass er durch Auslaugen in kaum nenswerthen Quantitäten entfernt werden würde, während die übrigen iole leicht ausgelaugt werden können. Indessen bildet sich auch aus Lösung des Eisenvitriols durch die fortdauernde Einwirkung der t wieder ein basisch schwefelsaures, unlösliches Salz [1]).

Arsenkies verwandelt sich durch das Verwittern in arsenige Säure und envitriol, welche erstere, wenn auch nicht leicht, in Wasser löslich ist.

---

[1]) Vergl. Abthl. I, S. 56.

Die Bildung von schwefelsaurem Kalk findet beim Verwittern, ab wie beim Rösten, auf Kosten der Schwefelsäure der Vitriole statt, aber hier den doppelten Nachtheil hat, dass unlösliche Metalloxydhy oder basisch schwefelsaure Metallsalze gebildet werden und gleich in dem Gypse eine schwer lösliche schwefelhaltige Verbindung ent welche den Zweck des Verwitterns zum grössten Theil vereitelt, wenn nicht sehr grosse Wassermengen zum Auslaugen anwendet.

In Bezug auf den Kupfergehalt, welcher in Folge der Fällung Kalk in Erzen beim Verwittern zurückgehalten werden kann, hat Li eingehende Versuche angestellt, und zwar mit den zu Mägdespru Harz verhütteten Spatheisensteinen. Er fand, dass der 0,638 Pr tragende Kupfergehalt der gerösteten Erze durch die darin entha 2 bis 3 Proc. Kalk (und Magnesia) unter der Einwirkung des Aus wassers ganz gefällt wurde, dass indessen andererseits der Kalk be wendung hinreichender Wassermengen wesentlich auf Entfernung Schwefels einwirkte, indem nicht nur der beim Rösten, sondern auc beim Auslaugen durch Zersetzung theils der Kupfersalze, theils d dieser Operation entstehenden unlöslichen basischen Eisensalze geb Gyps ausgewaschen wurde.

Der Versuch, den Schwefelgehalt durch Versetzung des Ausl wassers mit 1 Proc. Kochsalz vollständig zu entfernen, gab nur unbedeutenden Erfolg, denn von den 1,238 Procenten des im Erz haltenen Schwefels wurden extrahirt

durch reines Wasser	1,071	Proc.
durch Wasser und Kochsalz . . .	1,079	„

Lüders schliesst, dass bei mittlerem Schwefelgehalte des Spath steins (0,3 bis 0,5 Proc.) stets Kalk genug vorhanden sei, um beim R allen Schwefel zu binden und beim Auslaugen auch den Kupfervitri zersetzen, da zur Gypsbildung auf 4 Thle. Schwefel circa 7 Thle. Kal forderlich seien. Steige jedoch der Gehalt an Kiesen bis zu einem Sc felgehalt von etwa 1,2 Proc., so reichten die 2 bis 3 Proc. Kalk des l nur dazu aus, den beim Rösten frei werdenden Schwefel zu binden, rend das schwefelsaure Kupferoxyd beim Auslaugen löslich fortgehe.

Das Auslaugen der Eisenerze mit Wasser. Während zu sung der Vitriole in regenreichen Gegenden die atmosphärischen Ni schläge meist genügen, muss man in trockenen Gegenden und dann, schwefelsaurer Kalk gleichzeitig auszulaugen ist, künstlichen Wa zufluss anwenden. Es genügt gewöhnlich ein Hinleiten des Wassers die auf ebener Erde aufgestürzten Erzhaufen (Berieselung), nur setzt man die Erze ganz unter Wasser, und muss dann den Erz durch gemauerte oder aus Lehm gestampfte Dämme einfassen. Man t in letzterem Falle den Erzplatz gewöhnlich in mehrere Abtheilungen bildet auf diese Weise Sümpfe, in welchen abwechselnd Auslaugung Verwitterung durch die Luft stattfindet.

In Ilsenburg am Harze schüttet man die Erze, die schwefelkies-
igen Magnet- und Rotheisenerze, nachdem sie geröstet sind, in 0,63
0,94 Meter (2 bis 3 Fuss) hohe Haufen auf und leitet stets frisches
sser darüber, während am tiefsten Punkte des Röstplatzes der Lauge
Abzug gewährt wird[1]). Die Verwitterung dauert zwei bis drei Jahre;
Auslaugung wird hauptsächlich nur in den Sommermonaten vollführt,
die Beendigung des Processes durch genommene Proben bestimmt.

Zu Trzinitz in Oesterreichisch-Schlesien hat man auf dem
flasterten Erzplatze durch 0,95 bis 1,26 Meter (3 bis 4 Fuss) hohe
ame Sümpfe gebildet. Die Erze werden 1,26 bis 1,58 Meter (4 bis
uss) hoch aufgestürzt. Abends lässt man durch einen Graben Wasser
zu, so dass dasselbe 0,32 bis 0,63 Meter (1 bis 2 Fuss) hoch im
npfe steht. Es zieht sich dann von selbst bis zur Spitze des Haufens,
gegen eine Berieselung den Vortheil bieten soll, dass der Haufen
nt verschlämmt wird. Morgens wird das Wasser wieder abgelassen
der Luft freier Zutritt gestattet. Die Operation dauert gewöhnlich
i bis drei Jahre. Der Erzplatz hat drei Abtheilungen; in der einen
d das Erz aufgeschüttet, in der zweiten ausgelaugt, in der dritten
gefahren [2]).

Das Auslaugen der Eisenerze mit anderen Lösungsmitteln.

st schon Seite 501 darauf hingewiesen, dass man die Auslaugung der
en Erzen enthaltenen Schwefelsalze durch einen Zusatz von Kochsalz
Wasser zu befördern versucht hat, aber ohne einen dem Kostenauf-
le entsprechenden Erfolg zu erzielen.

Nicht günstigere Resultate in ökonomischer Beziehung haben die
uche geliefert, die Eisenerze durch Auslaugen mit anderen Lösungs-
eln, namentlich vermittelst Säuren, von einem Phosphorgehalte zu
ien.

Strohmeyer hat für Brauneisenerze, welche zu Ilseder Hütte bei
e in der Provinz Hannover verschmolzen werden, und welche 25 Proc.
ensauren Kalk, 27,5 Proc. Eisen und 1,17 Proc. Phosphor enthalten,
eschlagen, durch hinreichend verdünnte Salzsäure die Phosphate von
noxyd und Kalk auszuziehen, welche sich durch Poch- und Schlämm-
it nicht trennen liessen. Das Erz wurde bei den dahin zielenden
uchen schwach gebrannt, der dabei entstehende Aetzkalk mit Wasser
scht und abgeschlämmt, und darauf das zurückbleibende, in hasel-
grosse Stücke zerfallene Erz mit 15,63 Proc. (mit 4 Thln. Wasser
innter) Salzsäure 24 Stunden lang behandelt. Theils der Vortheil,
her durch die Erzeugung eines phosphorfreien oder wenigstens phos-
ärmeren Erzes erzielt werden konnte — der Phosphorgehalt auf 100
n war von 4,3 auf 0,6 Proc. hinabgegangen — theils die Verwer-

[1]) Mittheilungen von Schott und Ledebur, siehe Anmerkung Seite 432. —
erl, Hüttenkunde III, S. 133.

thung der Lauge, welche nach ihrer Eindampfung und der Wiedergewinnung von circa 14 Proc. Salzsäure ein werthvolles (3,64 Proc. Phosphor enthaltendes) Düngmittel abgegeben hätte, versprach ökonomisch günstige Resultate, welche indessen durch die Praxis nicht bestätigt worden sind[1].

Rowan in Glasgow hat versucht, die Eisenerze mit Chlornatrium oder Chlormagnesium vermischt zu rösten und dann mit Wasser auszulaugen; er glaubte auf diese Weise nicht nur den Phosphor-, sondern auch den Schwefelgehalt gänzlich zu entfernen. Es ist vorauszusetzen, dass die Resultate nicht günstiger als die oben angeführten ausgefallen sein werden, um so mehr, als beim Rösten die zugesetzten Chloride grösstentheils bereits verflüchtigt, oder die dabei gebildeten Metallchloride wieder zersetzt worden sein müssen[2].

Die Entfernung des Phosphors aus den Eisenerzen ist von solcher Wichtigkeit, dass es wohl der Mühe lohnt, Nichts unversucht zu lassen, um zu Resultaten zu gelangen, welche auch ökonomisch günstig sind.

Die Phosphorsäure ist in den Erzen der Regel nach entweder an Kalk oder an Eisenoxyd gebunden.

Was nun den phosphorsauren Kalk in der Modification anbetrifft, in welcher er in den Eisenerzen vorkommt, so ist er fast ganz unlöslich in Wasser; etwas löslich in Wasser, welches Kochsalz, Chlormagnesium, Natronsalpeter oder Ammoniaksalze enthält; leicht löslich in Säuren, selbst wenn diese so verdünnt sind, dass sie das Eisenoxyd, welches übrigens in einem gerösteten Erze schwieriger als in einem rohen löslich ist, noch nicht angreifen. Man kann daher zur Lösung die billigste Säure verwenden, die man haben kann, sei es Salzsäure, Schwefelsäure, schweflige Säure, Salpetersäure, ja selbst Essigsäure und Kohlensäure, so dass z. B. ein kohlensäurehaltiges Wasser auch den Zweck erfüllen würde. Indessen ist die Löslichkeit des phosphorsauren Kalks in letzterem doch keine hinreichend grosse, um praktische Brauchbarkeit zu versprechen. Da nun aber alle diese Säuren gleichzeitig die kohlensauren und kaustischen Erden und Alkalien, namentlich also auch die Kalkerde angreifen, so würde man bei kalkhaltigen Erzen solche Quantitäten Säure brauchen, dass an einen ökonomischen Vortheil von vornherein nicht zu denken ist, um so mehr, als das gebildete Kalkhydrat eine erneute Fällung der Phosphorsäure hervorruft. Der Vorschlag Strohmeyer's, vor der Behandlung der Erze mit Säuren den Kalk abzuschlämmen, ist daher wohl gerechtfertigt, aber in der Praxis viel zu schwierig ausführbar, weil hierbei ein gleichzeitiges Fortreissen der feineren Erztheile fast unvermeidlich ist. Die Möglichkeit, dass ein Auslaugen durch Säuren ökonomisch vortheilhaft sei, liegt bei Erzen, welche keinen kohlensauren Kalk enthalten, zwar weit näher, aber auch bei diesen wird fast immer der Aufwand an Säure in Folge der mechanischen Aufsaugung derselben ein zu grosser sein, und die

[1] Mittheilungen des Hannoverschen Gewerbevereins. 1865. S. 11 und Illustr. Gewerbezeitung 1869. S. 42. — [2] Vergl. Polytechn. Centralblatt 1869. S. 1033.

ständiges nachheriges Auswaschen des Erzes behuf Wiedergewinnung überschüssigen Säure würde bald eine für die fernere Nutzbarkeit zu sse Verdünnung hervorrufen. Die Auslaugung durch Wasser, in welchem hsalz, Chlormagnesium, Ammoniaksalze und dergleichen enthalten verdient Berücksichtigung in den Fällen, wo die Salze als Abfälle unmittelbarer Nähe gewonnen werden; doch werden solche Fälle immer den seltenen Ausnahmen gehören. Das Abdampfen der Lauge behuf winnung eines Düngematerials wird in den meisten Fällen nur dann en Vortheil gewähren, wenn die Gewinnung dieses Productes schon an finanziell vortheilhaft ist. Ist das Erz so phosphorreich, dass dieser l wirklich eintritt, wie z. B. bei manchen Kohleneisensteinen Westalens, so sind wiederum die Rückstände gewöhnlich zu werthlos für Verhüttung.

Die Eisenphosphate in den Erzen bestehen theils in phosphorsaun Eisenoxyduloxyd (Vivianit [1]), theils in phosphorsaurem Eisenoxyd elches mit dem phosphorsauren Kalk eine Verbindung bildet, oder als sisches Salz einen besonderen Bestandtheil, namentlich der Raseneisenze ausmacht).

Zwar sind auch diese Salze in stärkeren Säuren, namentlich in Salzure löslich, aber bei weitem nicht in dem Maasse, wie der phosphorre Kalk, und schwächere Säuren, z. B. Essigsäure und kohlensäurehalges Wasser, wirken gar nicht darauf ein. Ammoniak löst auch diese senphosphate ebenso wie wässeriges Eisenchlorid [2]). Es ist daher für ne mit ökonomischem Vortheile ausführbare Auslaugung solcher Erze ch weniger Aussicht, als bei den Erzen, welche nur phosphorsauren lk enthalten. Sind mit dem Hüttenwerke Schwefelsäurefabriken vernden (wie dies in England zum Theil zutrifft), so giebt die schweflige ure, welche in mit Erz und Wasser gefüllte Bassins eingeleitet wird, billigste Lösungsmittel [3]).

Nicht unbemerkt darf gelassen werden, dass schwefelkiesreiche Erze durch gleichzeitig an Phosphorgehalt verlieren können, dass durch die m Verwittern gebildete freie Schwefelsäure [4]) ein wenn auch geringer eil der Phosphate gelöst und ausgewaschen wird.

3. Mechanische Aufbereitung der Eisenerze.

Die mechanische Aufbereitung der Eisenerze besteht theils in einem schen derselben, theils in einem Zerkleinern grosser Stücke, theils einer Vereinigung kleiner Stücke zu grösseren Klumpen, alles Vor-

---

[1]) Vivianit, ursprünglich phosphorsaures Eisenoxydul, geht an der Luft in sphorsaures Eisenoxyduloxyd über. — [2]) Vergl. Buff, Lehrbuch der anorgahen Chemie S. 251. — [3]) Jacobi zu Kladno in Böhmen behandelt die, im le eines Kohlensäure- oder Schwefelgehaltes zuvor gerösteten Erze mit schwefr Säure, welche er aus Schwefelkies erzeugt, und reinigt sie nachher mit Was- (Deutsche Industr. Zeit. 1870. S. 168.). — [4]) Das Zersetzungsproduct des envitriols an der Luft.

bereitungsarbeiten, welche theils in einander, theils in die Röst
und Auslaugearbeiten eingreifen, ohne dass immer eine bestimmte
folge derselben festgehalten wird.

Zwar kommen noch einzelne andere Aufbereitungsarten au
weise vor, doch erscheinen bei diesen die gereinigten Eisenerze al
producte, und die Arbeit wird wesentlich der anderen dabei gew
Producte wegen vorgenommen.

Sind nämlich Eisenerze guter Beschaffenheit mit Kupfer-, I
Silbererzen innig gemengt, so wendet man die für jene Erze g
lichen Aufbereitungsarbeiten durch Setzsiebe, Schlämmgräben u.
und gewinnt dabei dann als Abhub ein zuweilen noch für den H
betrieb verwerthbares Eisenerz, während dasselbe gewöhnlich im
zu sehr von jenen fremden Erzen verunreinigt ist, um ein bra
Material für die Eisenerzeugung abzugeben. Als eine ganz b
Methode ist die Aufbereitung der mit Kupfer- und Schwefelkie
men vorkommenden Magneteisenerze von Traversella zu erwäh
das Eisenerz von jenen nicht magnetischen Mineralien durch
getrennt wird [1]). Diese und ähnliche Arbeiten haben, wenn s
wegen der Gewinnung der anderen Bestandtheile an sich ökonom
theilhaft sind, keine Aussicht auf allgemeinere Anwendung, wei
das Material für ein so billiges Product, wie das Roheisen, kei
spieligen Vorarbeiten verträgt, und zweitens das gewonnene Eise
in einem so fein vertheilten Zustande befindet, dass es sehr u
auf den Hochofengang einwirkt. Es sind daher auch Vorgänge,
zu Schreckendorfer Hütte in Schlesien und am Taberge in Schwe
man Magneteisenstein, und zu Hassel in Norwegen, wo man Ei
nachdem das Erz klein gepocht war, durch Schlämmarbeit von
haftenden Gesteinsarten trennte, bald sämmtlich wieder aufgege
immer nur Ausnahmen geblieben.

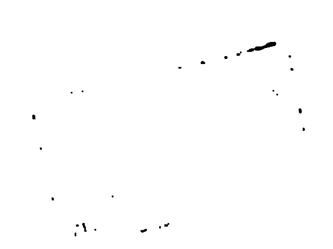
Ebenso ist die Benutzung des Franklinits [2]) zur Zinkgewinn
der Verschmelzung auf Roheisen eine nur gerade für dieses Mine
sende Arbeit, da alle übrigen Versuche mit der Verhüttung ande
haltiger Eisenerze (z. B. der Brauneisensteine Schlesiens, welche
reich an Galmei sind [3]) behuf gleichzeitiger Gewinnung beider
bisher fehlgeschlagen sind.

A. Waschen der Erze.

Es kommen häufig Eisenerze in Form von kleineren Körne
nen, Kugeln, Knollen oder Stücken vor, welche von sehr wenig
tigen, meist lehmigen, seltener kalkigen oder sandigen Massen ei
sind. Solche Massen lassen sich mit Wasser zu einem Brei au

---

[1]) Zeitschrift f. d. Berg-, Hütten- u. Salinenwesen in Preussen Bd. I
[2]) Siehe Abthl. I, S. 271. — [3]) Siehe Abthl. I, S. 325.





der dann ohne Schwierigkeit von den specifisch schwereren und deshalb zurückbleibenden Erzstücken durch Schlämmen getrennt werden kann. Diese Arbeit nennt man das Waschen der Eisenerze. Der durch das Wasser fortgeführte Schlamm ist zuweilen ganz oder theilweise so eisenhaltig, dass man ihn mit Vortheil für sich in Stückform zurückführen und gleichfalls als Erz benutzen kann. Doch gehört dieser Fall zu den Ausnahmen.

Das Aufrühren der die Eisensteine einhüllenden Massen ist stets die erste Operation, welcher dann, zum Theil unmittelbar in denselben Apparaten, zum Theil auch in besonderen Apparaten, das Abschlämmen der aufgerührten feinen Massen von den Stücken, also die eigentliche Separation folgt.

Beide Arbeiten geschehen meist auf der Grube selbst, um an Transportkosten zu sparen, seltener erst auf der Hütte. Der Ort der Arbeit ist hauptsächlich von dem Vorhandensein hinreichender Wassermengen abhängig. Das zu waschende Erz wird entweder einem Wasserstrome ausgesetzt, oder selbst in ruhendem Wasser bewegt.

Das einfachste Waschverfahren besteht in der Behandlung der Erze in Gräben. Der Eisenstein wird in ein aus Holz hergestelltes Gerinne geworfen und einem durch dasselbe fliessenden Wasserstrome vermittelst Harken oder Krücken (Kisten) wiederholt entgegengeführt. Man giebt den Gerinnen circa 0,63 Meter (2 Fuss) Breite, 0,314 Meter (1 Fuss) Tiefe und 2,51 bis 3,76 Meter (8 bis 12 Fuss) Länge und eine Neigung von höchstens 5,6 Millimeter auf 0,314 Meter (2 Zoll auf 1 Fuss), d. h. von ungefähr 10 Graden [1]). Den Schlamm lässt man in die wilde Fluth fliessen, die zurückbleibenden Erze schippt man mit siebartigen Blechschaufeln aus. Man kann bei einem Verbrauch von 0,247 bis 0,494 Cubikmeter (8 bis 16 Cubikfuss) Wasser stündlich bis zu 10 000 Kilogrm. (200 Ctr.) Erze auf diese Weise verwaschen.

Bohnerze mit kalkigem oder mergeligem Bindemittel, wie sie namentlich häufig auf den Hochebenen der Juraformation in Würtemberg, Baden, Lothringen u. s. w. vorkommen [2]), verwäscht man häufig in Trögen, welche mit Siebboden versehen sind. Man taucht diese Tröge in Fässer, die mit Wasser gefüllt sind, und versetzt sie in eine gleichzeitig drehende und auf- und abgehende Bewegung [3]). Die Erzkörner bleiben auf dem Siebe zurück, der Schlamm geht in das Fass, aus dem er durch ein Spundloch mit dem überschüssigen Wasser abgezapft wird. Diese Bewegung des Siebes wird meist durch die Hand, seltener durch einfache mechanische Vorrichtungen vermittelt. Um die Arbeit zu erleichtern, hängt man den Siebtrog vermittelst zweier Seile oder Ketten an einer elastischen Stange auf und nennt die Vorrichtung dann Schwenksieb. Der Vortheil dieser Waschmethode beruht auf dem geringen Ver-

---

[1]) Vergl. Rittinger, Lehrbuch der Aufbereitungskunde, S. 232. — [2]) Vergl. Abthl. I, S. 356 u. 390. — [3]) Vergl. Kerl, Hüttenk. III, S. 94.

brauch an Wasser, der Nachtheil in der unbedeutenden Production, weld dadurch nur erzielt werden kann.

Zuweilen wendet man festliegende, eiserne oder hölzerne Cylin oder Tröge von der Form eines halben Cylinders an, in welchen horizontale mit spiralförmig angeordneten Flügeln, Messern oder Sch gern versehene Welle rotirt. Das Erz wird auf diese Weise mit Wasser vermischt und gleichzeitig vorwärts bewegt, während der in gegengesetzter Richtung fliessende Wasserstrom den Schlamm bestä fortführt [1]).

Die vollkommenste und am häufigsten für Eisenerze angewen Waschvorrichtung ist die rotirende Waschtrommel. Es folgt d eine genauere Beschreibung eines solchen Apparates, dessen Abbild wir den Fabrikanten derselben, der Maschinenfabrik für den Bergbau Sievers u. Co. in Kalk bei Deutz [2]) verdanken.

Die Figuren 291, 292 und 293 auf Tafel A. zeigen diese feststeh Waschtrommelvorrichtung in Seitenansicht, Grundriss und Vorderansi Fig. 294 einen Längsschnitt, Fig. 295 einen Querdurchschnitt, Fig. bis 299 auf Tafel B. die innere Mantelfläche der beiden Trommeln.

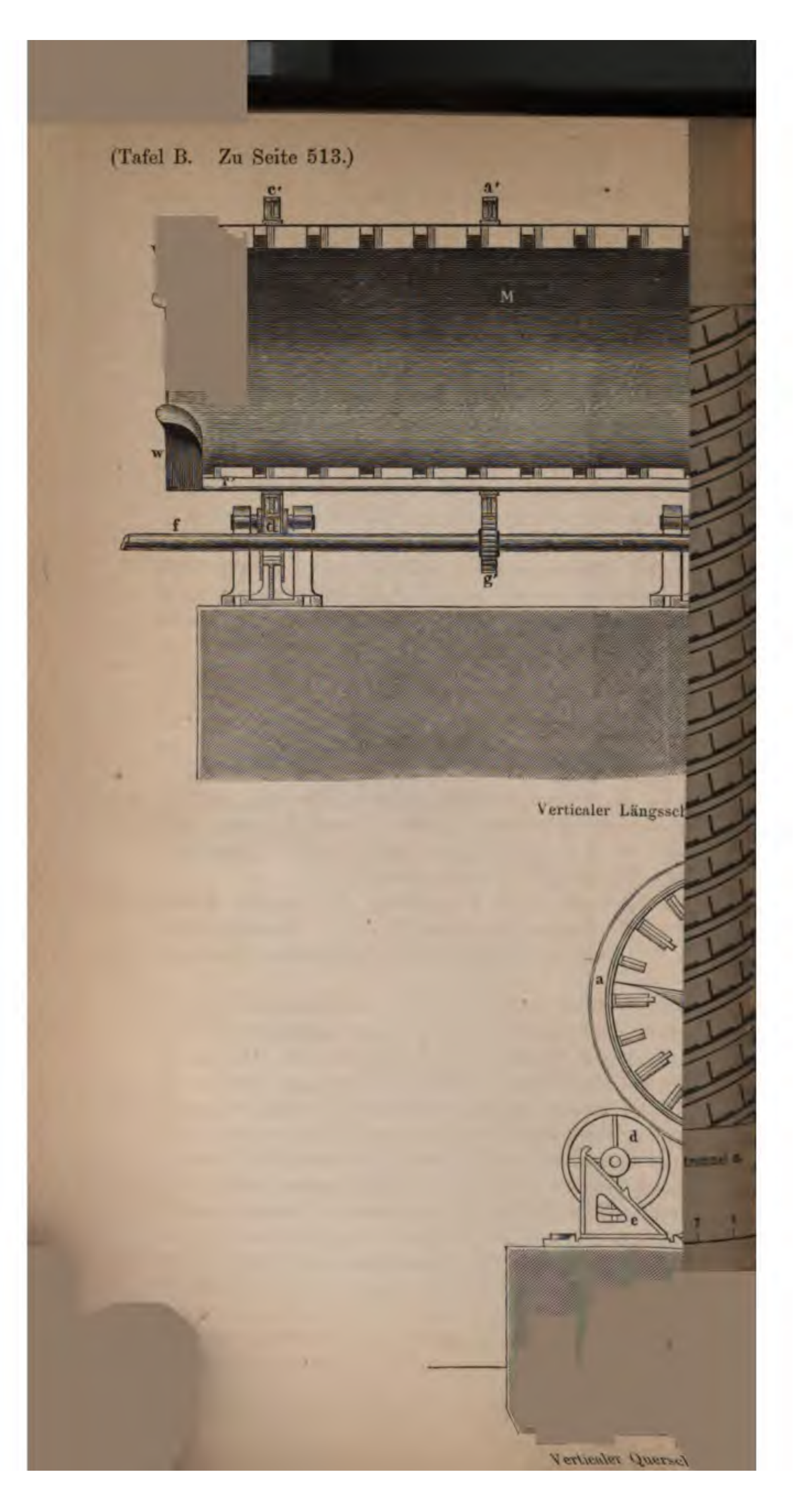
Die hier abgebildete Maschine braucht zur Verwaschung von circa Cubikmetern (1000 Cubikfuss) Erz pro Tag einen Motor von 15 Pfe kraft und erfordert 0,927 Cubikmeter (30 Cubikfuss) Wasser pro Min in welcher Zeit die Trommeln acht Umdrehungen zu machen haben.

Die Figuren 291 bis 293 zeigen zunächst das allgemeine Ar gement. *A* ist der Dampfkessel für die Betriebsmaschine *B*, von wel die Riemscheibenwelle *C*, sowie die nöthigen Pumpen, z. B. *G*, in Be gung gesetzt werden. Diese Welle *C* überträgt die Bewegung auf einzelnen Theile der Wäsche.

Das Erz gelangt auf den Schienengleisen *D*, *D'*, *D''* von den För punkten oder Stürzplätzen aus zu dem gemeinschaftlichen über der T rainsohle gelegenen Gleise *E*. Von dort wird es direct aus den För wagen in das oben offene Gerinne *F* geworfen, wo es durch die darin l fende Schraube mit dem gleichzeitig zutretenden Wasser vermischt gegen die Trommel *H* vorgeschoben wird. Es geht durch den siebar gelochten Boden des Gerinnes *F*, der am lockersten am Erze häng Schlamm bereits in das Gefluder *J*. Das übrige Erz dagegen durchl die Trommel *H* (die Rauhwaschtrommel, Vorwaschtrommel) gelangt sammt dem hier abgewaschenen Schlamme in den durchloc Ansatz *K*, von wo der Schlamm durch die Oeffnungen in das Gefluder abläuft, um sich mit dem von *J* kommenden Schlamme zu vereini während das halb gereinigte Erz die zweite Trommel (die Tratsc trommel, Fertigwaschtrommel) *M* passirt. Hier tritt ihr in gekehrter Richtung ein klarer Wasserstrom entgegen, wäscht den let

[1]) Annal. des mines. 1864. 4 livr. — [2]) Speciell dem Herrn Director Neu burg daselbst.

(Tafel B. Zu Seite 513.)



Verticaler Längssc[h…]

Verticaler Quersc[h…]

‹d führt ihn gleichfalls in das Gefluder L, während das Erz
ıderen Ende von M austritt. Mit diesem Resultate kann
ı meisten Fällen begnügen. Zuweilen und namentlich wenn
kaufsgegenstand sein soll, oder wenn es durch eingesprengte
lien sehr verunreinigt ist, erscheint es aber wünschens-
ine Separation des gereinigten Erzes nach der Korngrösse
mit welcher dann gleichzeitig eine weitere Wäsche ver-
ı kann. In diesem Falle gelangt dasselbe in die Trommel N.
rei Sorten gebildet. Die feinste Sorte Erz gelangt weiter
ıl O, wo die noch brauchbaren Stückchen von dem für den
allzu feinen Korne geschieden werden. Dies letztere geht in
, wo es sich mit dem aus den Gefludern L und J kom-
ıme vereinigt, nachdem dieser vorher in der Trommel Q
erissenen gröberen Stücken gereinigt ist. Die noch nutz-
aus O und Q werden vereint durch das Paternosterwerk
ınd in Wagen gestürzt, welche auf den Gleisen $S S'$ laufen.
mmel N abgesonderte, mittlere Korn gelangt in die Trom-
ıht, getrennt von dem etwa noch anhaftenden Schlamme,
Gefluder P' gewaschen wird, weiter zum Paternosterwerke
agen, welche es aufnehmen, laufen auf den Gleisen $V V'$.
orn endlich gelangt aus der Separationstrommel N auf den
, welcher um die verticale Axe W' rotirt. Dort können
ge oder die durch fremde Mineralien zu sehr verunreinigten
ısen werden. Durch den Fortfall dieser complicirten und,
wähnt, in den meisten Fällen überflüssigen Separations-
rd die Wäsche natürlich sehr vereinfacht.
ıeren Verständniss der Einrichtung der für die Wäsche
eile ist die Rauhwaschtrommel H und die Tratschtrommel
ıren 294 bis 299 auf Tafel B. in vergrössertem Maassstabe

ommeln bestehen aus Eisenblech. Jede derselben ist mit
ersehen, deren mittlere a und a' eine Verzahnung besitzen,
eiden anderen, b und b', c und c', glatt sind. Die glatten
ı von je zwei Rollen $d d'$ (Fig. 295) getragen, welche mit
ıfassenden Rändern versehen sind und in stellbaren Lagern,
Zeichnung fortgelassen sind, auf den Böcken $e e'$ ruhen. Die
ıen bei ihrer Rotation die Rollen $d d'$, an denen sie daher nur
Reibung erleiden, während sie selbst keiner festen Axen
rotirende Welle $f f'$ ist mit Getrieben $g g'$ versehen, welche
ten Kränze a und a' der Trommeln eingreifen und die Um-
tzteren verursachen. Die Vorwaschtrommel H ist an der
g h, welche in dem im Uebrigen ganz geschlossenen Blech-
racht ist, mit einem nach Innen conisch erweiterten Mund-
, welches das Wiederherausfallen des Erzes verhindert.
n etwa zurückgelangender Erzstücke werden, wie bereits

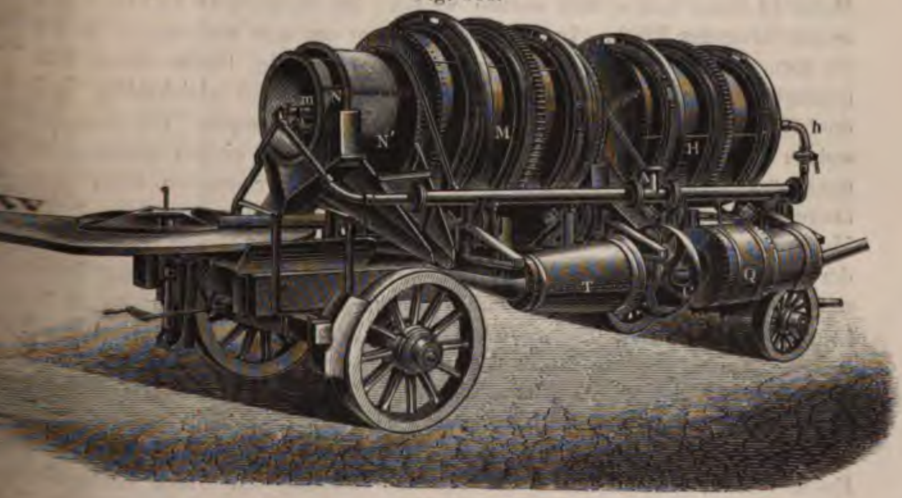
erwähnt, in der Trommel Q (Fig. 292) aufgefangen. Die gleichzeitig
dem Wasser in die Trommel H gelangenden Erze werden nun im I
derselben von den Blechschaufeln dadurch allmälig nach K befördert,
sie bei der Rotation der Trommel, durch die spiralförmig angeord
Blechschaufeln gleichsam vorwärts geschraubt werden, wobei sie sich g
zeitig gegen einander reiben und sich gegenseitig den anhängenden
Lehm etc. abputzen, so dass ihn der Wasserstrom zu einem feinen Br
theilen kann. Die Schaufeln stehen nämlich, wie die Fig. 298 zeigt,
in Reihen, welche parallel der Axe laufen, bilden aber, da sie selbst
gestellt sind, eine fortlaufende Spirale. So stellen z. B. die Schauf
q^1, q^2 bis q^{20} (Fig. 298) einen Gang derselben vor. Die Schaufeln
zweierlei Art. Es giebt grössere, q^1, q^3, q^5 ..., und kleinere, q, q^2,
welche in abwechselnden Reihen stehen. Ihre Form ist aus den Fi
298 und 299 deutlich ersichtlich. Fig. 298 zeigt nämlich die Tro
fläche von Innen gesehen, aber in eine Ebene aufgerollt gedacht, Fi
eine Vorderansicht oder einen Querschnitt dieser aufgerollten mit
feln besetzten Fläche, von h aus gesehen. Auch aus Fig. 295 läs
die abwechselnde Stellung und die Form dieser Schaufeln erkennen
anderen, der Eintrittsöffnung h entgegengesetzten Ende besitzt die
mel eine Oeffnung i zum Austritt der vorgewaschenen Erze, deren I
messer etwa $^2/_5$ des Durchmessers der Trommel beträgt. Vor dieser
nung sind vier Schaufeln v angebracht, welche die hierhin vorgeri
Erze bis zur Höhe der Austrittsöffnung heben und in diese ausscl
und ebenso mit dem Schlamme verfahren, soweit er nicht von selb
dem Wasser abfliesst. In dem cylindrischen Ansatze K, welcher a
lochtem Blech besteht, findet die erste Trennung des gewaschenen
vom Schlamme statt. In der Fertigwaschtrommel M, in welch
vollkommene Reinigung der Erze durch entgegenströmendes Wasse
geführt wird, ist eine andere Schaufelstellung gewählt. Hier sin
winkelförmigen Schaufeln in Linien angeordnet, welche einen spitzen W
mit der Trommelaxe bilden. Alle haben dieselbe Form und sind
vorspringenden Ränder (Winkeleisen) $r\,r'$ angenietet, wie aus den Fig
294, 296 und 297 deutlich hervorgeht. Fig. 297 zeigt wieder die
Innen gesehene Mantelfläche, zu einer Ebene aufgerollt gedacht, wä
Fig. 296 die vordere Ansicht derselben, von $w\,w$ aus gesehen, darst
Die Erze, welche durch den an der Vorwaschtrommel befestigten A
K eintreten, haben auch hier einen spiralförmigen Weg zu durchl
und werden schliesslich durch die Schaufeln w [1]) ausgetragen, wä
abweichend von der Wirksamkeit der Trommel H nunmehr der Schl

[1]) Diese Schaufeln sind bei einigen Eisensteinwäschen durch eine voll
Spirale ersetzt, welche in einen conischen Blechmantel derart eingefügt ist,
die Erze zwischen ihren Windungen allmälig aufwärts steigen. Diese Einrich
kann zwar namentlich bei sehr grossen Stücken vortheilhaft sein, nimmt aber
viel grösseren Raum ein und wird daher, wenn sie irgend entbehrlich ist,
mehr angewendet.

mit dem Wasser durch sechs in dem ringförmigen Boden xy angebrachte Siebe abfliesst. Von der Grösse der in dem Cylinder K und dem Boden xy angebrachten Oeffnungen wird es wesentlich abhängen, ob man bei diesem Waschprocess nur den feinsten Schlamm oder gleichzeitig das feinere und für den Hochofen minder geeignete Erz abscheiden will.

Da es nicht selten, namentlich bei oberflächlich abgelagerten Erzen, vorkommt, dass die Errichtung einer stabilen Wäsche sich nicht lohnt, weil die Förderpunkte zu schnell wechseln und ein weiterer Transport der rohen Erze zur Wäsche die ökonomischen Vortheile der letzteren wieder aufheben würde, so ist von den vorerwähnten Fabrikanten Sievers u. Co. in Kalk bei Deutz eine fahrbare Wäsche construirt und vielfach mit Erfolg angewendet worden, welche an jedem Orte, wo hinreichendes Wasser vorhanden ist, durch eine Locomobile leicht in Thätigkeit gesetzt werden kann. Eine solche Wäsche ist in Fig. 300 in perspectivischer Ansicht abgebildet, was genügen wird, da ihre innere Einrichtung ganz

Fig. 300.



Fahrbare Waschtrommelvorrichtung.

der oben ausführlich beschriebenen stabilen Wäsche analog ist, und nur die einzelnen Theile etwas abweichend combinirt sind. H ist die Rauhwasch-, M die Tratschtrommel. Das gewaschene Erz kann in den concentrischen Sieben N und N', deren ersteres mit gröberen, deren letzteres mit feinen Oeffnungen versehen ist, separirt werden. Die in der Zeichnung sichtbare Trommel T und eine ihr gegenüber liegende nicht sichtbare erfüllen den Zweck der mit T und O bezeichneten Trommeln der Fig. 292, während Q die Function der auch dort mit denselben Buchstaben bezeichneten Trommel ausübt. Das gröbste Erz gelangt auf den Klaubetisch W. Das Wasser wird durch den Stutzen A, an welchen ein Schlauch oder eine Röhrentour angeschraubt werden kann, nach den

beiden Enden der Trommeln vertheilt und tritt bei *h* und *m* in dieselben ein. Die Riemenscheibe *C* überträgt die von der Locomobile aus ihr ertheilte Bewegung auf Trommeln und Klaubetisch. Die hier abgebildete fahrbare Wäsche erfordert eine zehnpferdige Maschine zu ihrem Betriebe.

Als Beispiel einer Eisensteinwäsche mit nur einer rotirenden Waschtrommel, bei welcher an Stelle der Vorwaschtrommel ein längerer Mengetrog angeordnet ist, möge die auf der königl. preussischen Grube zu Mardorf bei Homberg in Betrieb stehende Vorrichtung angeführt werden, welche das in dem Holzkohlenhochofen zu Holzhausen verschmolzene Material liefert. Die dortigen Eisensteine gehören zu den Bohnerzen und kommen in einem der Tertiärformation angehörigen, durchschnittlich 1,1 Meter ($3^1/_2$ Fuss) mächtigen Lager auf dem Muschelkalke vor. Der Thon, welcher die einzelnen, 47 Proc. Eisen enthaltenden Körner umhüllt, [illegible] der Verschmelzung nöthig.

Das Erz [illegible] zuerst [illegible] Meter (16 Fuss) langen, 0,63 Meter (2 Fuss) hohen und [illegible], im Querschnitt halbkreisförmigen Tr[illegible]iren um eine horizontale Welle 35 stu[illegible] theils gerade, theils unter 45° gene[illegible]e wirken und gleichzeitig mit dem [illegible]wegung besorgen. Die Messer, welche [illegible]ellbar sind, wiegen zusammen gegen [illegible]it Wasser gemengten Erze gelangen so[illegible]- (Läuter-) Trommel von 3,77 Meter (12 [illegible] Fuss) Durchmesser, in welche der Mengetrog 78 Centimeter (3 Zoll) hineinragt. Die Einrichtung derselben entspricht im Aeusseren und in Bezug auf die Bewegungsvorrichtung ganz den vorher beschriebenen Anordnungen; sie ist aus Eisenblech hergestellt und trägt an 10, in Schraubenwindungen eingelegten Winkeleisen 120 Blechschaufeln. Diese Schaufeln sind ähnlich der in Fig. 296 und Fig. 297 angegebenen Form construirt. Sie sind, wie jene, rechtwinkelig gebogen, aber so gestellt, dass je zwei einen kastenartigen Raum bilden, dessen Boden die Trommelwandung ist. Am hinteren Ende des Apparates sind diese Schaufeln durch einfache, an den Schlusskranz (Boden) der Trommel befestigte, mit durchlöchertem Boden versehene Kästen ersetzt, welche den gewaschenen Eisenstein auswerfen. An derselben Seite treten auch die klaren Waschwasser ein. Die Schlämme nehmen also, wie in der früher beschriebenen Fertigwaschtrommel, den umgekehrten Weg wie die Erze (Gegenstromsystem), und gelangen an dem dem Mengetroge zugekehrten Ende der Trommel, welches mit einem ringförmigen Boden versehen ist, durch acht Siebe von durchlochtem Blech in ein Gefluder.

Die gewaschenen Erze gehen aus der Waschtrommel über den 21 Centimeter (8 Zoll) hohen Blechrand durch einen Blechtrichter, in welchen sie von den vorher beschriebenen Kästen ausgeschüttet werden, in die Entwässerungs- und Separationstrommel. Diese Trommel besitzt eine

eistunge

öniglichen Eisens

waschener Eisenstein	
Fudern, ,838 Cubikfuss 5 Cubikmeter) 000 Pfd. 0 Kil.)	in Centnern, à 50 Kil.
1757	35 140 (1 757 000 Kil.)
129⅓	42 587 (2 129 350 Kil.)
227⅙	44 543 (2 227 150 Kil.)
113½	122 270 (6 113 500 Kil.)
038	40 760 (2 038 000 Kil.)

feste, in Lagern laufende Axe und besteht aus zwei nach aussen sich erweiternden Kegeln, welche an die Axe mit Bolzen befestigt sind. Der innere Kegel besteht aus Eisenblech, welches mit 5 Millimetern (3,7 Linien) weiten runden Löchern versehen ist. Der äussere Kegel besteht aus Gussstahlblech mit einer dichten Lochung von $^1/_2$ Millimeter ($^1/_4$ Linie) Weite. Die innere Trommel liefert das gröbere, die äussere das feinere Korn. Was von Erz durch letztere geht, lässt man mit dem abfliessenden Wasser, als reichen Schlamm, in ein zweites Gefluder gehen. Ein Bürstenapparat, welcher mit Klammern an einer Seite des Gebäudes befestigt ist, verhindert das Verschleudern der feineren Körner beim Austragen. Der äussere Kegel der Separationstrommel ist 1,67 Meter (5 Fuss 4 Zoll) lang, am vorderen Ende 0,65 Meter (2 Fuss 1 Zoll), am hinteren Ende 1,05 Meter (3 Fuss 4 Zoll) im Durchmesser; der innere Kegel dagegen hat, bei einer Länge von 1,36 Meter (4 Fuss 4 Zoll), am vorderen Ende 1,05 Meter (3 Fuss 4 Zoll), am hinteren Ende 1,41 Meter (4 Fuss 6 Zoll) im Durchmesser. Während der Arbeit wird die Separationstrommel von aussen durch eine in der ganzen Länge in Form eines gelochten eisernen Rohres mit drei Reihen Oeffnungen neben ihr hinlaufende Brause bespült, damit die perforirten Bleche stets klar gehalten werden. Um das Umherspritzen des Wassers zu verhüten, ist die Trommel mit einem Mantel von Tannendielen umgeben. Die beiden Gefluder, welche Wasser und Schlamm von der Wasch- und Separationstrommel fortführen, münden in einen Sumpf, einen 12,5 Meter (40 Fuss) langen, 3,2 Meter (10 Fuss) breiten, cisternenartigen, mit Sandsteinplatten belegten Raum, welcher in zwei Hauptabtheilungen getheilt ist, deren jede durch zungenartige Mauern in mehrere Fächer gesondert wird, um dem Schlamme auf einem langen Wege Zeit zum Absatz der eisenreicheren Theile zu geben und somit dem Fluthgraben nur die unbrauchbaren Schlämme zu überliefern. Der Betrieb erfolgt durch eine liegende Dampfmaschine mit Expansion und Condensation. Die gewaschenen Eisenerze werden, mit den eisenreichen Schlämmen vermischt, unter Zusatz von Kalkstein bei Buchenholzkohlen und lufttrockenem, rohem Holze im Hochofen verschmolzen.

Die Resultate eines dreijährigen Betriebes sind in der nebenstehenden Tabelle zusammengestellt.

B. Zerkleinerungsarbeiten.

Die Zerkleinerung der Eisenerze findet theils aus dem Grunde statt, um fremde Beimengungen, welche schädlichen Einfluss haben würden, auslesen zu können, und geschieht dann entweder gleich nach der Gewinnung, oder erst nach der Wäsche, oder aber nach einer vorangegangenen Verwitterung, nur in seltenen Fällen nach vorgängiger Röstung. Die Zerkleinerung zu diesem Zwecke erfolgt sehr häufig durch die Hand vermittelst kräftiger Hämmer, weil zum Auslesen der nachtheiligen Bestandtheile doch jedes Stück durch die Hand eines Arbeiters gehen

muss, und bei einer Zerkleinerung auf diese Weise am wenigsten Schmand (staubförmiges Erz) gebildet wird, welches die einzelnen Stücke umhüllt und ihre Zusammensetzung schwieriger erkennen lässt. Bei Erzen, welche geröstet werden, kann man die Zerkleinerung zum Zwecke der Scheidung nur ausnahmsweise bis nach dem Röstprocesse verschieben, da die Erkennung der abzusondernden Verunreinigungen dann meist nicht mehr möglich oder wenigstens sehr schwierig ist. So ist z. B. der Kupferkiesgehalt, welcher den Werth vieler Spatheisensteine des Siegerlandes beeinträchtigt, nach dem Rösten durch das Auge nicht mehr zu erkennen.

Theils erfolgt aber auch die Zerkleinerung der Eisenerze nur deshalb, um bei den nachfolgenden hüttenmännischen Arbeiten eine gleichmässige und innigere Wirkung der physikalischen und chemischen Einflüsse zu erzielen. Beim Rösten [illegible] reits darauf hingewiesen worden, welchen günstigen Einfluss eine verhältnissmässig geringe und gleiche Korngrösse auf den Erfolg des Processes habe. In noch viel höherem Maasse gilt dies für den Hochofenprocess. Man thut daher gut, die Erze auch dann auf eine entsprechende Grösse zurückzuführen, wenn keine Röstarbeit dem Schmelzen vorausgehen soll. Da die rohen Erze häufig sehr fest sind und ihre Zerkleinerung in diesem Zustande bedeutende pecuniäre Opfer erfordern würde, so unterlässt man oft, wenn auch auf Kosten des Röstprocesses, die Zerkleinerung vorher und verschiebt sie auf die Zeit nach der Röstung. Nicht selten schickt man auch dem Röstprocesse eine oberflächliche Zerkleinerung voran und lässt ihm eine vollständigere folgen. So verfährt man z. B. allgemein in Schweden mit den schwefelkieshaltigen Magneteisensteinen, welche im rohen Zustande ungemein fest sind.

Nicht immer bietet die Zerkleinerung der Eisenerze den erwarteten Vortheil für den Hochofenbetrieb, weil, wenn dieselben leicht zerreiblich sind, eine zu grosse Menge gewöhnlich unverwerthbaren Erzstaubes erzeugt werden würde. Aus diesem Grunde muss diejenige Zerkleinerungsmethode als die beste angesehen werden, welche den geringsten Abgang an Pulver giebt. Obwohl nun, wie bereits erwähnt, in dieser Beziehung die Zerkleinerung durch den Handhammer das günstigste Resultat giebt, so ist doch in allen Fällen, wo damit nicht gleichzeitig eine Scheidung verbunden sein soll, diese Art der Arbeit zu kostspielig, um ihr nicht eine mechanische Zerkleinerung vorziehen zu müssen.

Die mechanische Zerkleinerung der Eisenerze erfolgt durch Pochwerke, Walzen und Quetschen. Die Pochwerke sind die ältesten, unvollkommensten und daher meist verlassenen Vorrichtungen; die Walzen sind besser und gegenwärtig am verbreitetsten, aber die Quetschen sind für den vorliegenden Zweck am allerzweckmässigsten und beginnen sich immer mehr Bahn zu brechen, so dass sie voraussichtlich bald die beiden anderen Apparate ganz verdrängen werden.

1. Eisenerz-Pochwerke.

Eisensteinpochwerke bestehen aus einer eisernen, gitterförmigen Sohle, auf welcher die Erze durch abwechselnd herabfallende schwere Stempel, deren Schlagfläche aus gehärtetem Roheisen (Hartguss) gebildet ist, zertrümmert werden. Das hinreichend zerkleinerte Erz fällt durch die Spalten der Gittersohle. Die Nachtheile der Pochwerke beruhen in der Ungleichheit der durch die Zertrümmerung erzeugten Bruchstücke; in der Schwierigkeit, die Oeffnungen des Gitters stets offen zu erhalten; in der starken Abnutzung der einzelnen Theile der Vorrichtung, sowie endlich in ihrer geringen Leistungsfähigkeit überhaupt.

Die Wirkung oder Arbeitsgrösse jedes Stempels hängt ab von seinem Gewichte p und seiner Fallhöhe h. Drückt man p in Kilogrammen und h in Metern aus, so liefert das Product $ph = w$ die Zahl der Kilogrammeter, welche bei jedem Falle des Stempels zur Wirksamkeit gelangen.

Ist f die Oberfläche der schlagenden Fläche des Pochstempels — der Schlagbahn — in Quadratcentimetern, so ist die Wirkung jeder Flächeneinheit des Stempels $\frac{ph}{f} = w$, und dieser Werth muss für jede Erzsorte ein anderer, aber in jedem Falle ganz bestimmter sein, um die günstigste Leistung zu erzielen; denn der Abfall an Staub wird im einzelnen Falle zunehmen, sowohl wenn der richtige Werth von w überschritten, als wenn er nicht erreicht wird. Der Werth von w muss natürlich mit der Festigkeit des Erzes wachsen, und Rittinger[1]) hat ihn

für sehr festes Erz zu . 0,137 Kilogrammmeter pro 1 □ Centimeter (oder 6 Fusspfund pro 1 □Zoll)
für mittelfestes Erz zu . 0,115 „ „ 1 □ Centimeter (oder 5 Fusspfund pro 1 □Zoll)
für minder festes Erz zu 0,092 „ „ 1 □ Centimeter (oder 4 Fusspfund pro 1 □Zoll)

als Minimum festgestellt.

Mindestens zwei der Grössen p, h und f müssen bei Benutzung der angegebenen Werthe von w bekannt sein, um die dritte zu berechnen. Man pflegt zu diesem Zwecke die mittlere Hubhöhe $h = 21$ Centimeter (8 Zoll), das Gewicht = 150 Kil. (300 Pfund) anzunehmen, oder aber aus der Hubhöhe $h = 21$ Centimeter (8 Zoll) und der Schlagbahn von 246 Quadratcentimetern (36 Quadratzoll) das nöthige Gewicht zu berechnen.

Die Pochstempel macht man fast stets aus Holz, seltener aus Schmiedeeisen und trennt den Schaft vom Pochschuh, welcher aus Gusseisen besteht. Dem Pochschuh oder Pocheisen giebt man eine Höhe von 23 Centimetern (9 Zoll) und einen quadratischen Querschnitt. Die Abnutzung des Pocheisens (der Abrieb) beträgt

---

[1]) Rittinger, Lehrbuch der Aufbereitungskunde. 1867. S. 58, 60 u. f.

bei sehr festen Erzen circa 0,11 bis 0,13 Proc.
„ mittelfesten „ „ 0,08 „ 0,10 „
„ milden „ „ 0,05 „ 0,07 „

des Gewichtes vom gepochten Erze, wenn das Eisen nicht abgeschreckt ist, jedoch nur die Hälfte dieser Beträge bei Hartguss. Die Pochsohle erleidet dagegen kaum mehr als 0,01 bis höchstens 0,05 Proc. Abnutzung vom Gewicht des gepochten Erzes.

Die Sohle erhält Zwischenräume von der Weite des grössten Durchmessers der herzustellenden Stücke, meist von 13 bis 20 Millimetern (1/2 bis 3/4 Zoll).

Man pflegt 3, seltener 5 Stempel in einer Pochlade zu vereinigen und führt dem mittelsten Stempel das Pochgut zu, welches derselbe nach beiden Seiten vertheilen muss. Zum Eintragen dient ein mit geneigtem Boden versehener Vorrathskasten, aus dessen mittelst Schiebers stellbarer Mündung die Erze [illegible] r ihnen mitgetheilten rüttelnden Bewegung, gleichmässig h[illegible] Man bemisst die Zuführung des Erzes in der Weise, dass [illegible] sohle stets eine Erzschicht von 52 bis 78 Millimetern ([illegible] liegt. Die Stempel werden durch Leithölzer, welche a[illegible] rn (Pochsäulen) befestigt sind, in verticaler Richtung [illegible] mit Heblingen oder Vorsprüngen versehen, an welchen [illegible] en. Diese Daumen sind an einer Welle in der Art befe[illegible] der eine Stempel gehoben wird, wenn der benachbarte zu[illegible] mt. Den Daumen giebt man bei circa 13 Centimetern (5 Zoll) [illegible] ne nach der Evolvente geformte Oberfläche, während die Heblinge eine ebene Angriffsfläche erhalten, um bei gleich bleibender Geschwindigkeit während des Anhubes ein gleiches, statisches Moment der Last zu erreichen. Seltener lässt man die Daumen in einen im Stempelschafte ausgesparten Schlitz eingreifen. Die Anhubsgeschwindigkeit nimmt man zu 0,392 Metern (1 1/4 Fuss) in der Secunde und lässt jeden Pochstempel durchschnittlich 60 Hube in der Minute machen. Die Leistung beträgt dann mindestens 0,93 bis 1,0 Cubikmeter (30 bis 33 Cubikfuss) in 24 Stunden.

Der mechanische Nutzeffect eines Pochwerkes e [1]) ist $= \frac{p\,h\,n\,N}{60}$ Kilogrammmeter pro Secunde, wenn N Stempel von p Kilogrm. Gewicht und h Meter Hubhöhe, je $n$mal in der Minute gehoben werden. Die an der Arbeitswelle (Pochwelle), welche die Daumen trägt, wirkende Kraft E muss aber wegen der mechanischen Hindernisse, wie Reibungswiderstände u. s. w., bedeutend grösser sein. Man setzt $E = \frac{4}{3}\,e$, und hieraus lässt sich leicht die nöthige Stärke des Motors (des Wasserrades, der Dampfmaschine) berechnen. Man pflegt auf eine Pferdekraft des Motors 300 bis 350 Kilogrm. (600 bis 700 Pfund) Pochgut zu rechnen.

Beispiel. In Fig. 301 bis 306 ist ein zu Altenauer Eisenhütte im Harz gebrauchtes Eisensteinpochwerk abgebildet.

---

[1]) Op. cit. S. 143.

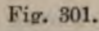
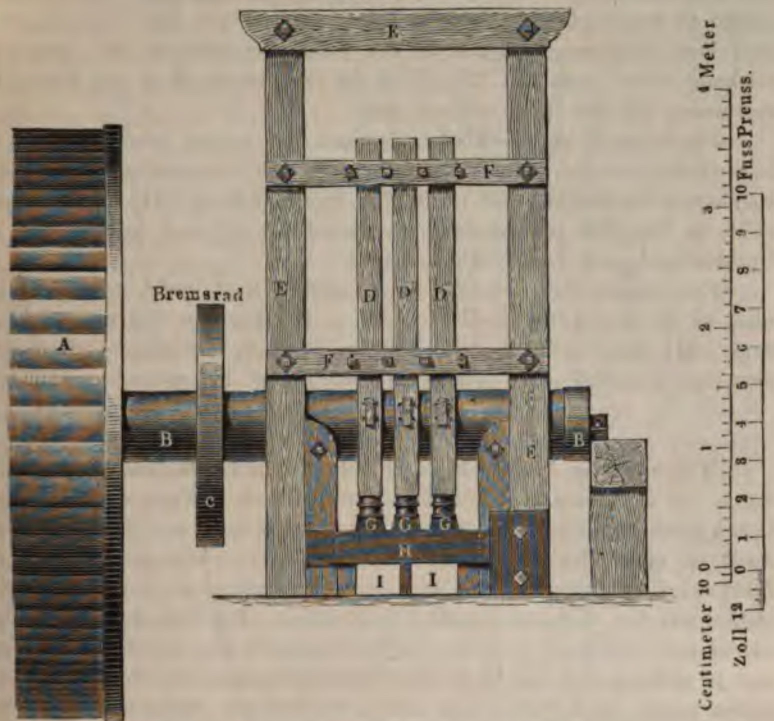
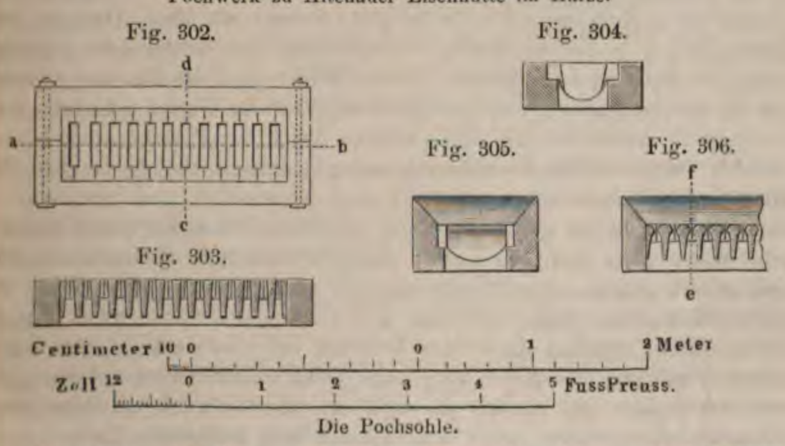


Fig. 301.



Pochwerk zu Altenauer Eisenhütte im Harze.



Die Pochsohle.

Fig. 301 zeigt einen Aufriss desselben. Das Wasserrad A betreibt ie mit Heblingen versehene Welle BB, auf welcher zum schnelleren An-alten des Werkes das mit einer gewöhnlichen Backenbremse versehene remsrad C sitzt. Die Bremse selbst ist in der Zeichnung fortgelassen.

Die drei Pochstempel D, D', D'' werden durch zwei Paar an d
gerüst E befestigte Latten F geführt. Die Köpfe der Pochs
sind aus Gusseisen, welches an der Bahn abgeschreckt ist.
reichend zerkleinerte Erz fällt durch die Gittersohle H in den l
von wo es mit der Hand entfernt wird.

Die Sohle H ist verschieden, je nachdem festere oder mil
angewendet werden. Bei ersteren besteht sie aus einfach n
verjüngten Roststäben. Sie ist in Fig. 302 (auf Seite 521) in c
sicht, in Fig. 303 im Durchschnitt nach Linie ab und in Fig
Durchschnitt nach Linie cd dargestellt.

Für mildere Erze, welche einen solchen Rost leicht vers
man zu Rothehütte im Harze die in den Figuren 305 und
Seite 521) dargestellte Form der Stäbe gewählt; der abgerun
derselben gestattet einen leichteren Durchgang der zerpochter

2. Eisenerz-Walzwerke.

Während das Pochwerk durch Schlag wirkt, veranlasst d
werk die Zerkleinerung der Erze durch Druck. Wenn zwis
in umgekehrtem Sinne sich gegen einander drehende, mit ihren
Axen in einer Horizontalebene liegende Walzen ein spröde
führt wird, so entsteht in Folge seines Gewichtes an den Be
stellen mit den Walzenmantelflächen Reibung. Ist diese Reibu
um so mehr zunimmt, je tiefer das Erzstück zwischen die Walze
und je mehr es sich der Axenebene nähert, grösser, als der Wider
selben gegen das Zerdrücken, so erfolgt das letztere. Im umgekeh
bleibt das Erzstück liegen, ohne von den Walzen erfasst zu we
Grösse der zerbrochenen Stücke ist stets kleiner, als die Entfe
Mantelflächen in der Axenebene von einander. Ein dritter Fall
wenn die Reibung zwar kleiner, als der Widerstand des Erzstü
das Zerdrücken, aber grösser als die Festigkeit der Walzen ist;
brechen die letzteren. Um einen solchen Bruch der Walzen zu
welcher besonders dann vorkommt, wenn härtere Stücke als da
welches das Walzwerk construirt ist, z. B. Quarzstücke, eisern
theile, mit in das zu quetschende Gut gerathen sind, so legt ma
eine Walze ganz fest, die andere dagegen lässt man in Lage
welche sich gegen starke Federn stützen, oder durch Gegengew
gedrückt werden. Diese Achslager geben nur dann nach, wen
festen Stücke zwischen die Walzen kommen, während sie bei der
lichen Festigkeit des Erzes ihre Lage nicht wesentlich veränd
Art der Federn ist hierbei gleichgültig; man wendet am l
Eisenbahnwagenfedern, auch wohl spiralförmig aufgerollte Bu
seltener cylindrische Gummistücke an. Gegengewichte pflegt
einem doppelarmigen Hebel aufzuhängen.

[1]) Die Zeichnungen verdankt der Bearbeiter der Güte der Herr
meister Jüngst zu Clausthal und Deppe zu Königshütte.

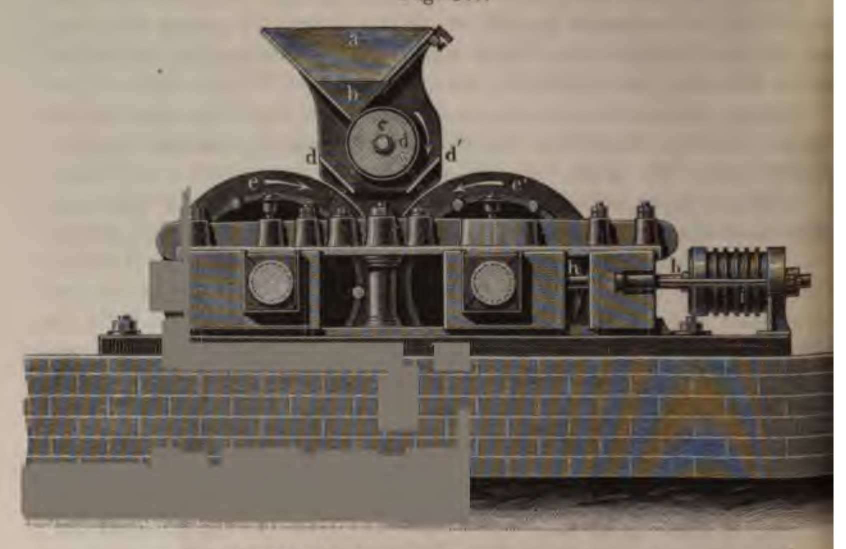
äufig legt man zwei Walzenpaare über einander an, von denen das
veiter aus einander gestellt ist, als das untere, und daher dem letz-
ie grob zerkleinerten Stücke zur völligen Zerkleinerung überliefert.
Reibung zu vermehren, versieht man die Walzen sehr oft mit
iefen, welche bei dem oberen Walzenpaare tiefer sind, als bei dem
. Da die Oberflächen der Walzen sehr schnell abgenutzt werden,
gt man, um nicht jedesmal die ganze Walze erneuern zu müssen,
zwei concentrischen Theilen herzustellen, und setzt auf die schmiede-
Axe einen aus Hartguss, auch wohl aus Stahl gefertigten Mantel
Beide Theile werden durch Feder und Nut, oder durch Holzkeile
hend fest mit einander verbunden. Soll der Mantel entfernt und
einen neuen ausgetauscht werden, so brennt man, im Falle die
gung durch Holzkeile stattgefunden hatte, letztere aus, oder zer-
ert den als Ganzes nicht mehr brauchbaren Mantel durch Hammer-
. Zuweilen umgiebt man die Axenspindel auch erst mit einem
ischen Walzenkern, welcher seinerseits durch Feder und Nut
r Spindel und durch Holzkeile mit dem ihn umgebenden Walzen-
verbunden ist.

en Walzen giebt man 0,47 bis 0,71 Meter (18 bis 27 Zoll) Dtr.,
ns 0,94 Meter (3 Fuss) Länge und eine durchschnittliche Periphe-
hwindigkeit von 0,314 bis 0,942 Meter (1 bis 3 Fuss[1]), welche
n bei spröden Erzen bedeutend gesteigert werden kann. Der
(die Schale) wird 39 bis 52 Millimeter ($1^1/_2$ bis 2 Zoll), die Holz-
ung 26 bis 39 Millimeter (1 bis $1^1/_2$ Zoll) stark genommen.

eispiele. Ein von Sievers u. Co. in Kalk construirtes Walzwerk[2])
Fig. 307 und 308 (a. f. S.) abgebildet. Fig. 307 zeigt eine Seiten-
im unteren, einen Durchschnitt im oberen Theile, Fig. 308 einen
chnitt, rechtwinkelig zur Fig. 307. Der Durchschnitt der letzteren
ist so gelegt, dass die Schüttwalze und die hintere untere Walze
ihren Wellen in voller Ansicht, die zugehörigen Ständer und
dagegen durchschnitten erscheinen. Die Erze werden in den Trich-
gefüllt, von wo sie durch einen Schieber *b* in der nöthigen Menge
gelassen werden. Sobald der Betrieb beginnt, wird der Schieber *b*
als nöthig geöffnet; der Erzvorrath fällt dann auf die Walze *c*,
, in der Richtung des Pfeiles sich drehend, je nachdem ihre
die Riemenscheibe *g* (Fig. 308) vermittelte Bewegung beschleunigt
erlangsamt wird, ein mehr oder weniger grosses Quantum Erz
mässig dem Trichter *d d'* zuführt, der es seinerseits zwischen die
hwalzen *e e'* gleiten lässt. Diese Quetschwalzen laufen in Lagern,
in einem starken eisernen Rahmen befestigt sind. Die Lager der
e, deren Axe mit dem Motor in directer oder durch das Vorgelege
ndirecter Verbindung steht, liegen fest; die Lager der Walze *e'*

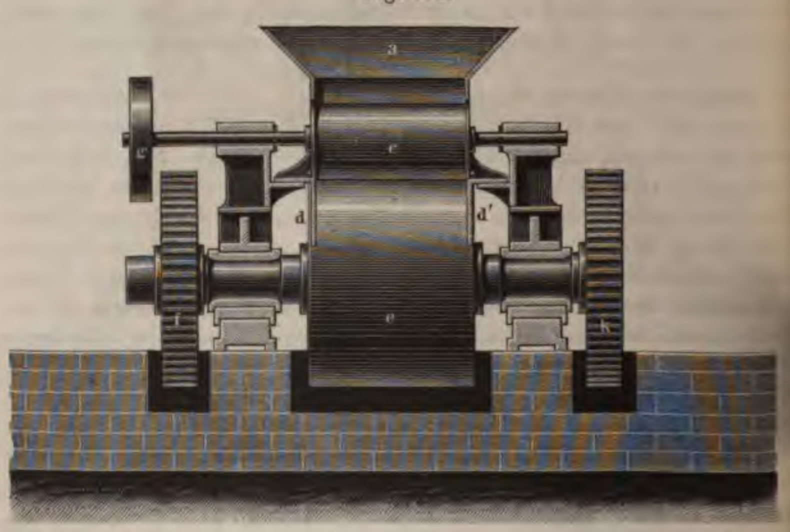
Rittinger, op. cit. S. 29. — [2]) Dessen Zeichnung der Bearbeiter ebenfalls
rrn Ingenieur Neuerburg daselbst verdankt.

Fig. 307.



Eisenstein-Walzwerk (Seitenansicht und Längendurchschnitt).

Fig. 308.



Zolle 12 9 6 3 0 1 2 3 4 5 6 Fuss

Centmtr. 10 5 0 1 2 Meter

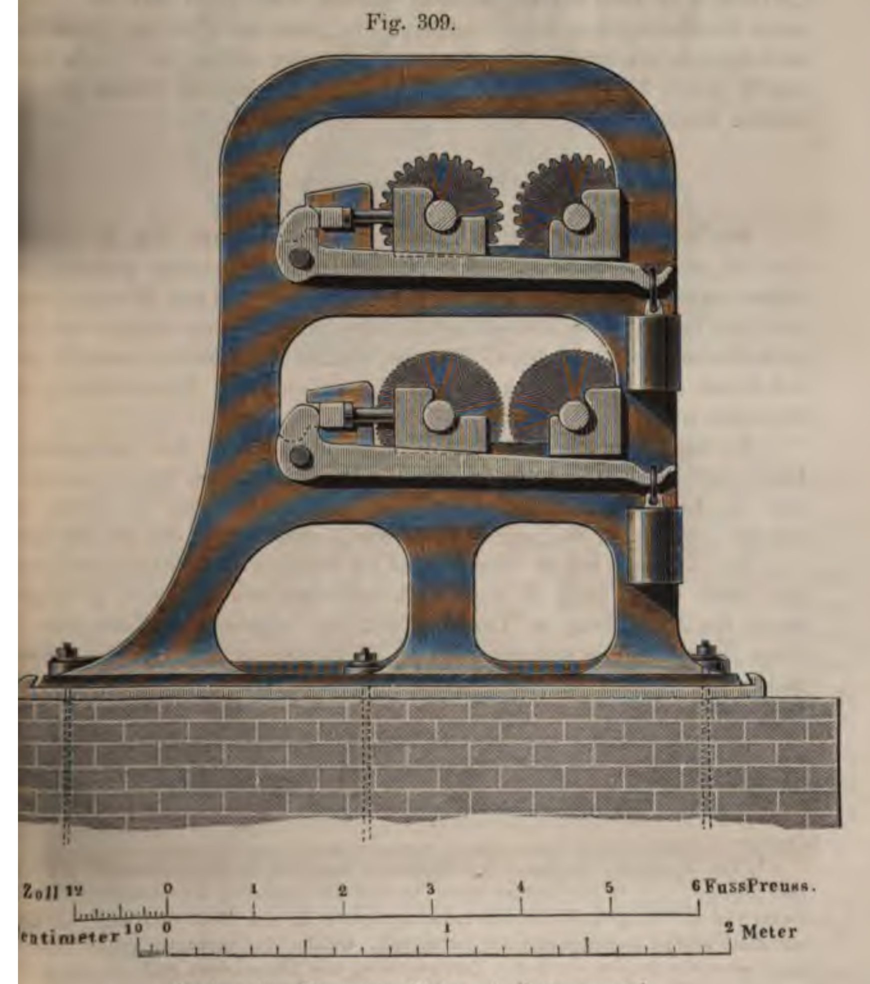
Eisenstein-Walzwerk (Verticaldurchschnitt).

agegen stützen sich gegen die Bolzen *h* der starken Spiralstahlfedern *i*, nd sind daher nachgiebig. Die Bewegungsübertragung von der Walze *e* uf die Walze *e'* erfolgt vermittelst der langzahnigen Getriebe *k*, welche uch im Falle einer bedeutenden Entfernung der Walzen von einander icht ausser Eingriff kommen dürfen.

Das hier abgebildete Erzwalzwerk bedarf einer 15pferdekräftigen ampfmaschine, um bei 20 Umdrehungen pr. Minute 60000 Kilogrm. 200 Ctr.) in 12 Stunden zu zerkleinern.

Ein zweipaariges Erzwalzwerk, bei welchem die Lager der einen Valze durch Gegengewichte angedrückt werden, ist in Fig. 309 mit Hin-

Fig. 309.



Zweipaariges Eisenstein-Walzwerk (Seitenansicht).

weglassung des Bewegungsmechanismus dargestellt. Es ist zu Zorge Harz in Thätigkeit [1]).

Man fängt das gewalzte Erz gewöhnlich direct in den Wagen welche es zum Hochofen oder Röstofen führen, und siebt es nur in tenen Fällen von dem namentlich durch die rollende Reibung der stücke gegen einander gebildeten Staube ab, oder trennt es durch in verschiedene Korngrössen, von denen man zuweilen die gröbste nochmals durch dieselben oder andere, enger gestellte Walzen gehen

In Ilsenburg, wo man ein zweipaariges Walzwerk zum Zerkl des gerösteten Eisensteins benutzt, und die Bruchstücke des Erzes Rättersiebe in zwei Sorten getrennt werden, von denen nur die unter Haselnussgrösse zum Hochofen, die grösseren aber ins W zurückgehen, sind sieben Arbeiter zur Bedienung nöthig, mit deren täglich gegen 28 Cubikmeter (900 Cubikfuss) zerkleinerte Steine ge werden können.

3. Eisenerzquetschen.

Die Erzquetschen unterscheiden sich dadurch von den Erz dass bei jenen zwei gerade Flächen gegen einander gedrückt werden daher das zu zerquetschende Erzstück nicht, wie bei den Walzen, rend der Zermalmung bewegt wird. Aus diesem Grunde liefern die quetschen weit weniger Staub, als die Walzen, und haben deshalb mit Recht eine immer allgemeinere Anwendung zur Vorbereitung Eisenerze gefunden [2]).

Es wird bei den Quetschen eine an horizontaler Axe aufgeh Backe durch Kniehebel gegen eine zweite feststehende Backe ge und die Entfernung des unteren Theiles beider Backen in ihrer meisten genäherten Stellung bedingt die Maximalgrösse der Bruch

Die Erzquetschen oder Steinbrechmaschinen (Steinbrech sind 1858 von Blake in New-York erfunden worden, und gel durch die Ausstellung zu London 1862 zur allgemeinen Kenntnis Folge deren sich die anfangs nur zur Zerkleinerung von Chaussee und goldführenden Quarzen bestimmten Apparate schnell Eingang Hüttenwerken verschafften [3]).

Die Erzquetsche hat seitdem mannigfache Abweichungen der C struction erfahren [4]). Den meisten Werth hat man mit Recht auf einfache und kräftige Bauart gelegt. Eine in dieser Beziehung

---

[1]) Die Zeichnung verdankt der Bearbeiter den Herren Hüttenmeistern Ji und Deppe. — [2]) Für andere Erze, welche zur ferneren Aufbereitung in kleine Stücke übergeführt werden müssen, eignen sie sich nicht und sind für nur als Vorbereitungsapparate zu betrachten, welche das erzeugte grobe G die Pochwerke liefern. — [3]) Zur Zerkleinerung von Eisensteinen soll die erste quetsche zu Trenton angewendet worden sein. — [4]) Sie ist zuerst namentlich der Georgs-Marienhütte bei Osnabrück verbessert worden.

Anforderungen genügende Erzquetsche, welche entweder auf Riemenbetrieb oder auf directen Betrieb durch eine mit ihr verbundene Dampfmaschine eingerichtet ist, wird von Sievers u. Co. in Kalk gebaut und ist in ihren beiden Anordnungen in Fig. 310 und in Fig. 311 und 312 (a. f. S.) nach gleichem Maassstabe dargestellt.

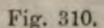
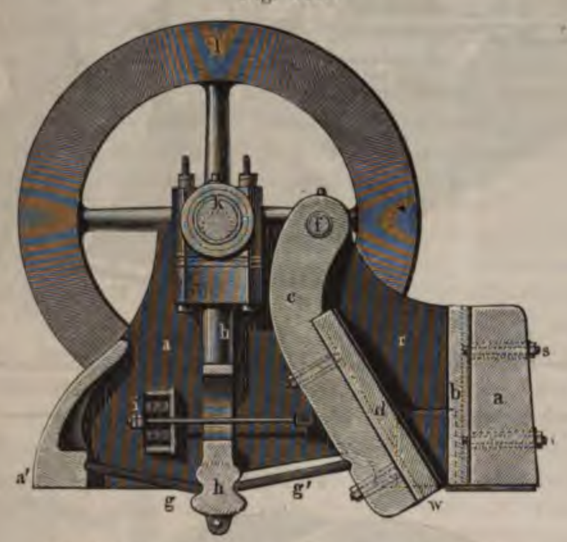


Fig. 310.

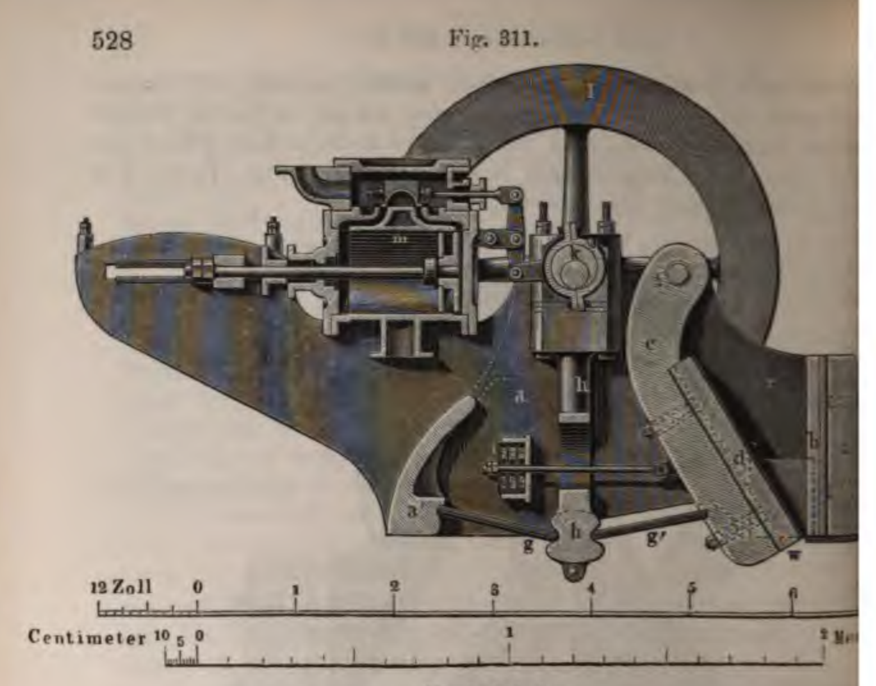


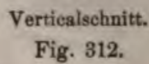
Erzquetsche mit indirecter Bewegungsübertragung.

Gleiche Buchstaben bezeichnen in allen drei Figuren entsprechende Theile. *a a'* ist das starke gusseiserne Gestell der Erzquetsche. An dasselbe ist die aus Hartguss bestehende feste Backe *b* durch Keile und Schrauben so befestigt, dass sie sich ohne grosse Mühe auswechseln lässt. Sie ist zu letzterem Zwecke oben mit einer Oese *o* (Fig. 312) versehen, an der sie sich herausziehen lässt, nachdem Keile und Schrauben *s* gelöst sind. *c* ist die bewegliche Backe, welche gleichfalls mit einem auszuwechselnden Ansatze *d* aus Hartguss versehen ist; sie hängt an der im Gestelle *a* befestigten Axe *f*. Ein Kniehebel *g g'* wird durch den Auf- und Niedergang der Leitstange *h* abwechselnd gestreckt und gebeugt, gleichzeitig also die bewegliche Backe abwechselnd der festliegenden Backe genähert und von ihr entfernt. Durch eine Oeffnung der Leitstange *h* geht eine mit der beweglichen Backe und einer Feder *i* verbundene Stange, welche den Rückgang der beweglichen Backe befördert. Die auf- und abgehende Bewegung der Leitstange *h* erfolgt durch das Excentrik *k*, auf dessen Welle die beiden gewichtigen Schwungräder *l* befestigt sind.

Bei der in Fig. 310 im Durchschnitt dargestellten Maschine erfolgt nun die Bewegung von einem besonders aufgestellten Motor aus, welcher

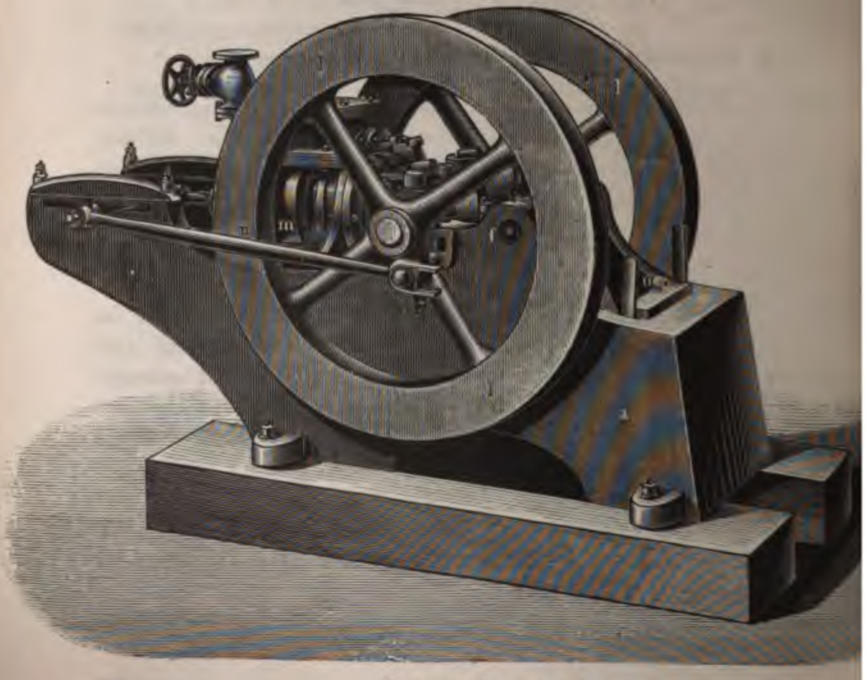
Fig. 311.





Verticalschnitt.

Fig. 312.

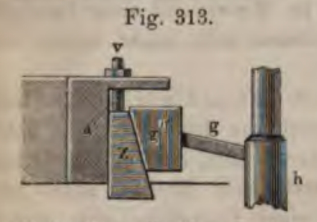


Perspectivische Ansicht.

Erzquetsche mit directer Bewegungsübertragung.

mit einer auf der Schwungradwelle sitzenden Riemenscheibe verbunden ist; bei der in Fig. 311 im Durchschnitt, in Fig. 312 in der Ansicht dargestellten Maschine dagegen liegt die Dampfmaschine *m* auf dem Gestelle selbst und überträgt durch die Kurbelstangen *n* (Fig. 312) die Bewegung auf die Schwungräder *l*, auf deren Welle die Excentriks *k* befestigt sind. Das Erz wird in die Oeffnung *r* zwischen beide Backen geworfen und gelangt zerkleinert bei *w* (dem Brechmaule) aus der Maschine. Die Grösse der Stücke hängt von der Weite des Brechmaules *w* ab, und diese lässt sich in geringem Maasse theils durch die Länge der Hebelarme *g* und *g'*, theils durch die Stärke der Backe *d*, theils durch die Hubhöhe des Excentriks *k* reguliren. Will man indessen die Maulweite öfters und in weiteren Grenzen stellen, um sehr verschiedenartig grosse Stücke zu erzeugen (was jedoch kaum jemals Bedürfniss für den Hochofenbetrieb sein kann, wenn einmal die richtige Grösse der Erzstücke ausgemittelt ist), so schaltet man zwischen den Hebelarm *g* und das am Gestelle befestigte Stück *a'*, gegen welches sich der Hebelarm stützt, einen vermittelst Schraube anziehbaren Keil ein, durch dessen Stellung der ganze Kniehebel und mit ihm die bewegliche Backe der festen Backe genähert, oder von ihr entfernt werden kann. Diese Einrichtung ist in Fig. 313 dargestellt. Der Hebelarm *g* lehnt sich mit seinem Endigungsstücke *g''* gegen den Keil *Z*, der mit seiner anderen Fläche an der mit dem Gestell fest verbundenen Backe *a'* gleitet. Durch Anziehen der Schraubenmutter *v* wird der Keil gehoben oder gesenkt.

Fig. 313.



Keilstellung für Erzquetschen.

Jede der in den Figuren 310 bis 312 abgebildeten für gleiche Leistung berechneten Maschinen bedarf einer Betriebskraft von 5 bis 10 Pferdekräften, welche je nach der Härte des zu zerkleinernden Erzes schwankt. Sie bricht in 12 Stunden 60000 Kilogrm. (1200 Ctr.) Erz bei einer Breite des Brechmaules von 0,471 Meter (18 Zoll) und einer oberen Weite des Füllraumes *r* von 0,314 bis 0,392 Meter (12 bis 15 Zoll), wenn sie pr. Minute ungefähr 200 Umdrehungen (Hübe) macht.

Nach der vorangegangenen Beschreibung werden die wichtigsten Abweichungen anderer Constructionen von Erzquetschen auch ohne Zeichnung leicht verständlich sein.

Die ersten Maschinen Blake's übertrugen die Bewegung von der Schwungradwelle durch einen einarmigen Hebel auf die nicht abwärts, sondern aufwärts gerichtete Kniehebelstange *h*, was indessen eine weniger kräftige und dauerhafte Construction als die der abgebildeten Quetschen lieferte. Bei der Anordnung Dyckhoff's [1]) wird von einem Excentrik,

[1]) Kerpely, Fortschritte der Eisenhütten-Technik im Jahre 1865. S. 42.

welches durch Getriebeübersetzung von der Schwungradwelle aus bew
wird, die bewegliche Backe direct und geradlinig in Führungen v
geschoben. Bei dieser Construction verzichtet man auf die Vorth
welche die Anwendung des Kniehebels gewährt und überträgt ausser
einen etwa erfolgenden Bruch im Mechanismus auf die schwer zu
setzende Welle des Excentriks, während bei der oben angegebenen E
richtung nur die einfachen Hebelarme der Zerstörung ausgesetzt wer
Derselbe Constructeur hat auch die Anwendung von zwei beweglich
Backen statt der einen vorgeschlagen, welche nach unten verlängert
und sich um zwei am tiefsten Theile angebrachte horizontale Axen b
wegen, während sie am oberen Theile direct durch zwei Excentriks
wechselnd gegen einander geschoben und von einander entfernt wer
Eine solche Maschine bietet den Vortheil gegen die abgebildeten, d
die Maulweite sich in Folge der Art der Bewegung weniger verän
und dass daher die Bruchstücke des Erzes gleichmässiger in Grösse
fallen; andererseits ist sie jedoch complicirt durch die doppelt vertret
Bewegungsmechanismen.

Eine Dyckhoff'che Erzquetsche soll[1] in 12 Stunden 100000 K
grm. (2000 Ctr.) Eisenstein bei 30 Huben pr. Minute mit einer Betrieb
kraft von 4 Pferden zerkleinern, was indessen sehr leicht zerstörb
Erze voraussetzt.

Auf einem gleichen Principe beruht auch die Gardiner'sche Quetsch
(*Thunderbolt Crusher*)[2], welche sich dadurch von dem Dyckhoff'sch
Apparate mit zwei beweglichen Backen unterscheidet, dass die Drehung
axen unsymmetrisch zum Brechmaule gestellt, die Backen auch n
oben bedeutend verlängert sind und von einer Kurbelaxe aus, welch
zwischen ihnen liegt, vermittelst Kurbelstangen hin und her bew
werden. Es kann auf diese Weise eine sehr kräftig wirkende Masch
geschaffen werden, doch müssen dem entsprechend auch die einzeln
Theile stärker construirt sein. Für alle Eisenerze genügen vollkomm
die einfacheren Apparate, welche zuerst geschildert worden sind[3].

Die Backen, welche meist aus Hartguss, seltener aus Stahl gefert
werden, erhalten zwar meist eine glatte oder wenig gerippte Oberfläch
doch sollen, nach den Erfahrungen einiger Ingenieure, tief gerip
Backen weniger Staub liefern, weil die Erzstücke durch dieselben n

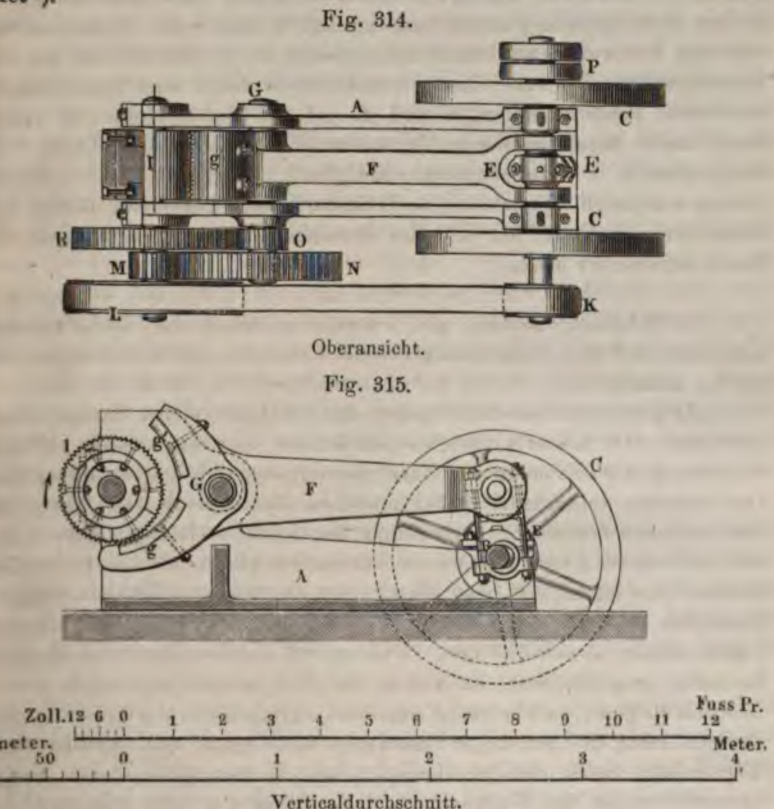
---

[1]) Loc. cit. S. 46. — [2]) Berg- u. hüttenm. Zeit. 1866. S. 41. — [3]) Man f
Mittheilungen über Erzquetschen und Steinbrechmaschinen namentlich an folg
Orten: Kerpely, Bericht über den Fortschritt der Eisenhütten-Technik. 1
3. Jahrgang; Revue univers. 9 année p. 445; Armengaud, Publ. industr. X
livr. 1 — 2; Civil-Ingenieur XI, S. 303 u. Taf. 23; Polytechn. Centralbl. 1
Heft 20 und 1866. S. 406; Berg- u. hüttenm. Zeitung 1866, S. 41; Verhandl.
Vereins zur Beförderung des Gewerbefleisses in Preussen 1865. S. 107; Mechan
magaz. 1868. S. 68; Annal. des min. VI. sér. t. 8, p. 259; Mining Press. V. 1
p. 145; Engineering V. 8, p. 64 u. 78; Frankl. Journ. V. 57, p. 361; Constr
teur 1869. p. 119; Americ. Mining Journ. V. 7, p. 145; Génie industr. Vol. X
II; Publication industrielle Vol. XIV.

rspalten als zerdrückt werden, und Dyckhoff hat sogar seiner Maschine acken mit 20 Millimeter (9,2 Linien) hohen horizontalen Rippen geeben [1]).

Eine ganz besondere Art von Erzbrechern ist neuerdings aufgetaucht d war auf der Industrieausstellung zu Altona 1869 vertreten. Die orrichtung ist von Corbitt und Archer construirt und in Fig. 314 in berer Ansicht sowie in Fig. 315 im verticalen Längsdurchschnitt abgeildet [2]).

Fig. 314.



Verticaldurchschnitt.
Corbitt und Archer's Erzquetsche.

Eine je nach Bedarf glatte oder gerippte Walze J dreht sich um re horizontale Axe. Ein maulartig geformter Brecher F, welcher dielbe zur Hälfte umfasst, wird durch ein Excentrik B und die kurze aber äftige Leitstange E schaukelnd um die im Gestelle A festgelagerte Axe bewegt und nähert sich mit seinen Lippen g' und g abwechselnd dem eren und dem unteren Theile der Walze. Die mittlere Entfernung der

[1]) Kerpely, loc. cit. S. 46. — [2]) Génie industr. Juli 1869. Vol. XXXVIII, . 481.

unteren Lippe von der Walze ist etwas kleiner als die der oberen, und die Erze, welche zwischen der Walze und der Oberlippe vorgebrochen werden, erhalten daher zwischen der Walze und der Unterlippe ihre beabsichtigte Korngrösse. Wenn auch die Maschine durch diese doppelte Zerkleinerung einen Vortheil gegen die vorhin beschriebenen Steinquetschen mit geraden Backen bietet, so muss doch die Staubbildung in Folge des durch die ununterbrochene Drehung der Walze eintretenden Rollens der Erze eine stärkere sein, als bei jenen. Der Hub kann leicht an der Leitstange *E* gestellt und regulirt werden. Die Bewegung wird von dem Motor aus auf die Riemenscheibe *P*, welche auf der mit zwei Schwungrädern *CC* versehenen Excentrikwelle sitzt, übertragen und von dort durch Riemenscheiben *K* und *L* auf das Getriebe *M*, von wo aus durch leicht auszuwechselnde Zahnräder *N*, *O* und *R* der Walze *J* die entsprechende Umdrehungsgeschwindigkeit mitgetheilt wird. Die zu Altona ausgestellt gewesene, in Dunston bei Gateshead an der Tyne construirte Maschine soll in zehn Stunden 35 000 Kilogrm. (700 Ctr.) Steine zerkleinert haben.

Der Einfluss, welchen die Vervollkommnung der Zerkleinerungsmaschinen auf ihre Anwendung für die Eisenerze haben wird, ist nicht gering anzuschlagen. Bisher hat man meistentheils die Kosten einer Zerkleinerung zu hoch berechnet gegen den Vortheil, welcher daraus für den Hochofen- oder Röstofenbetrieb erwächst, ein Vortheil, welcher, selbst bei Benutzung unvollkommnerer Zerkleinerungsapparate, dem unparteiisch Urtheilenden entgegentritt; bei manchen Holzkohlenwerken, bei denen man in Folge des geringen Umfanges der Geschäfte häufig grössere Sorgfalt auf einzelne Operationen zu verwenden pflegt, als bei grossartigen Steinkohlenwerken, hat man durch eine angemessene Zerkleinerung der Eisenerze, auch mittelst weniger vollkommener Apparate, doch schon seit Jahren einen so wohlthätigen Einfluss auf die Resultate des Hochofenbetriebes gespürt, dass die Kosten der Zerkleinerungsoperation dadurch mehr als aufgewogen werden. Namentlich in Schweden trägt die richtige Zerkleinerung des gerösteten Eisensteins nicht wenig zu den vortrefflichen Ergebnissen vieler dortigen Hochöfen bei. Man zerquetscht den Magneteisenstein theils auf Walzwerken, deren eines auf der zu Seite 477 gehörigen Tafel (Fig. 273 und 274) mit *ii* bezeichnet ist, theils, und dies Verfahren bricht sich immer allgemeiner Bahn, auf Quetschwerken zu gleichmässigen Stücken von weniger als 26 Millimeter (1 Zoll) Durchmesser. Unter den deutschen Werken zeichnet sich Ilsenburg am Harz in dieser Beziehung aus. Am unrationellsten verfährt man offenbar auf den meisten Hütten Englands, wo oft centnerschwere Blöcke Eisenstein neben haselnussgrossen Stücken in den Hochofen gestürzt werden.

Im Allgemeinen darf man als eine zweckmässige Grösse für die Erzstücke einen Durchmesser von 2 bis 10 Centimetern (3/4 bis 4 Zoll) an- n und sollte niemals über 16 Centimeter (6 Zoll) hinausgehen. Noch

wichtiger als die absolute Grösse der einzelnen Erzstücke ist die Gleichmässigkeit derselben und man wird daher gut thun, das gebrochene Erz durch Rättersiebe zu separiren. Die zu gross gebliebenen Stücke kann man zweckmässig dem Zerkleinerungsapparate nochmals überliefern.

C. Vereinigung kleiner Eisensteinstücke.

Es giebt Eisenerze, welche eine solche Beschaffenheit haben, dass sie beim Trocknen in Staub zerfallen und daher für den Hochofenbetrieb sehr unvortheilhaft wirken; andere Eisenerze geben bei den Vorarbeiten des Zerkleinerns und Waschens einen noch hinreichend eisenreichen Abgang von Staub und Schlamm. In manchen Fällen ist es vortheilhaft, diese klaren Erze, wie man solche feine, pulverige im Gegensatz zu den Stück- oder Stufferzen nennt, nicht verloren gehen zu lassen, und daher Mittel zu ihrer Vereinigung in Stücke anzuwenden.

Am häufigsten finden die bei der Wäsche abgehenden Erzschlämme, wenn sie reich genug sind, Anwendung. Man lässt sie in Sümpfen absetzen, formt aus dem etwas abgetrockneten Schlamme Ziegeln und trocknet diese an der Luft, röstet sie auch wohl. Freilich sind solche Ziegeln nicht immer haltbar, sondern zerfallen häufig beim Trocknen wieder in Pulver, wenn man nicht künstliche Bindemittel zu Hülfe nimmt. Die in der Natur im mulmigen Zustande vorkommenden Brauneisenerze verhalten sich oft so ungünstig, wenn das Bindemittel beim Formen von Steinen aus denselben nur Wasser ist; denn sobald dieses verdampft, hört der Zusammenhang der einzelnen Theilchen wieder auf.

Einem stärkeren Zusammenpressen, etwa mit Maschinenkraft, setzen solche Erze wegen der Unzusammendrückbarkeit des in ihnen gewöhnlich reichlich enthaltenen Wassers grossen Widerstand entgegen, es sei denn, dass sie durch beigemengten Thon plastisch sind oder durch Zusatz von Thon plastisch gemacht werden. Durch das letztere Verfahren wird indessen der Reichthum des Erzes an Eisen herabgedrückt.

Ein Anrühren der Erze mit einem Breie von gebranntem und gelöschtem Kalke, welches oft sehr vortheilhaft für den Hochofenprocess sein würde und in Folge der allmäligen Bildung einer kieselsauren Kalkverbindung auch oft hinreichende Haltbarkeit der mit diesem Zusatze gebildeten Ziegeln gewährt, ist in den meisten Fällen wegen zu hoher Kosten unausführbar. Zu Straschitz in Oesterreich wird der beim Zerkleinern der Erze abfallende Staub in Kalkbrei eingebunden und dann dem Hochofen übergeben [1]). Mehr noch hat dieses Verfahren sich bei der Verhüttung der im Wesentlichen aus kieselsaurem Eisenoxydul und Eisenoxydoxydul bestehenden Puddel- und Schweissofenschlacken bewährt. Bereits Berthier [2]) hatte vorgeschlagen, fein gepochte Frischschlacken mit ge-

---

[1]) Oesterr. Jahrb. Bd. XVII, S. 231. — [2]) Handb. d. metall. analyt. Chemie, deutsch von Kersten, Bd. II, S. 279. Vergl. Berg- u. Hüttenm. Zeit. 1862. S. 336.

pulvertem Kohlenstaub und Kalk zu Ziegeln zu formen und in dieser Form zu verschmelzen. Später ist dieses Verfahren noch öfters versucht und namentlich von Lang und Frey in Steiermark mit Erfolg wieder aufgenommen worden. Es werden circa 400 Gewichtstheile Schlackenpulver mit 100 Gewichtstheilen Kalk und 100 Gewichtstheilen Kokslösch gemischt; die Masse wird dann zu Ziegeln geformt und nach dem Erhärten in Stücke von Haselnussgrösse gebrochen.

Man hat auch versucht, mulmige Erze oder Erzstaub mit rohem oder gebranntem Kalk und Steinkohlenpulver oder nur mit Steinkohlenklein zu mengen und die Mischung einem gleichzeitigen Röst- und Verkokungsprocesse in Koksöfen auszusetzen; indessen sind auch hierfür die Kosten stets zu hoch ausgefallen [1]).

Eine Vereinigung mulmiger Erze zu grösseren Stücken durch Sinterung vermittelst ihrer stärkeren Erhitzung im Röstofen ist bereits Seite 457 und 490 erwähnt. Der für die Reduction ungünstige Zustand des halbgeflossenen Erzes wird in den meisten Fällen ein Hinderniss für die absichtliche Anwendung dieses Verfahrens sein. Jedenfalls sind die Versuche in dieser Richtung noch nicht als abgeschlossen anzusehen.

Als eins der wenigen Beispiele einer erfolgreichen Stückbildung aus feinen Erzen ohne Zusatz dient die Grube Cornelia zu Stolberg bei Aachen. Hier kommt Brauneisenstein [2]) in kleinen eckigen Stücken von Erbsen- bis Wallnussgrösse, gemischt mit pulverförmigem Erze vor und lässt sich in dieser Form im Hochofen nicht verschmelzen. Man klaubt daher zuvörderst die grössten Stücke aus, rührt den Rest vermittelst einer mit Armen versehenen senkrechten Welle, welche in einem cylinderförmigen Sumpfe rotirt, mit Wasser zusammen, und führt den Schlamm durch einen Wasserstrom fort. Das Zurückbleibende wird auf einem von eisernen Stangen gebildeten Roste in zwei Sorten getrennt. Das Grobe geht direct zur Hütte, das zwischen dem Roste durchgehende Erzklein aber wird in Schlämmgräben, wo wieder ein grosser Theil kleinerer Stücke gewonnen wird, verwaschen, und der dabei abgeschwemmte Schlamm geht mit dem direct aus der Rührvorrichtung kommenden Schlamme in Sümpfe. Aus diesen wird er von Zeit zu Zeit ausgestochen, in Ziegeln geformt und geröstet. Die gerösteten Ziegeln enthalten 40 bis 43 Proc. Eisen.

In zwei Rührgruben werden in zwölf Stunden von sieben Arbeitern 25 000 Kilogrm. (500 Ctr.) Erz gewonnen [3]).

---

[1]) Minary und Soudry (Berg- u. Hüttenm. Zeit. 1865, S. 43) haben vorgeschlagen, Eisenfrischschlacken mit Steinkohlen in Verkokungsöfen zu erhitzen; allerdings zu dem Zwecke, das Eisen theilweis zu reduciren, zu kohlen und Phosphor und Schwefel zu entfernen. Ueber die Vergeblichkeit dieser Versuche findet man das Nähere in dem folgenden Capitel. — Kerpely (Fortschritte 1865. S. 124) glaubt, gut backenden Kohlen 11 bis $13\frac{1}{2}$ Proc. Erzklein beimengen zu können, ohne der Verkokung zu schaden, welches letztere zu bezweifeln ist, während der ganze Process wohl meist an zu grosser Kostspieligkeit scheitern dürfte. — [2]) Vergl. Abthl. I, S. 334. — [3]) Die Läuterkosten betragen 5 Thlr. 20 Sgr. für jene 500 Ctr. Tunner, Berg- u. hüttenm. Zeitung 1863. S. 155. Kerl, Metall. III, S. 93.

B. Die Zuschläge und ihre Vorbereitung.

ie Eisenerze, welche in einem Hochofen verschmolzen werden sol-
ad selten selbstgehend, d. h. von einer solchen Beschaffenheit,
ie dem oxydirten Eisen beigemengten erdigen Bestandtheile, die
arten[1]), in einer den Anforderungen an einen guten Schmelzgang
echenden Art und Menge vorhanden sind und dass daher eine ein-
Mischung mit Brennmaterial im Hochofen genügt. In der Regel
s an einem oder mehreren Stoffen, welche dann künstlich, in Form
uschlägen, den Erzen zugefügt werden müssen. Zuweilen sind
lie einzelnen Bestandtheile der Gangarten in dem richtigen Ver-
sse zu einander vorhanden, ihre Menge im Verhältniss zu dem
ehalte der Erze reicht aber nicht aus. Das Mischen der Erze mit
Art und Menge passenden Zuschlägen nennt man das Beschicken
Iöllern, und das durch diese Arbeit vorbereitete Material für den
fen die Beschickung oder Möllerung. Zuweilen macht man
ioch den Unterschied, dass man die Mischung der Erze und Zu-
Möllerung, die Mischung der Möllerung mit der zugehörigen
Brennmaterial dagegen Beschickung nennt.

erhältnissmässig selten tritt der Fall ein, dass eine Eisenhütte nur
nzige Sorte von Erzen zu verschmelzen hat. Gewöhnlich liegt die
hkeit, oft auch die Nothwendigkeit vor, dass viele, oft sehr ver-
ne Arten von Eisenerzen verarbeitet werden. — Die verschiedenen
ten unterscheiden sich dann gewöhnlich sowohl durch ihren Eisen-
als auch durch die Beschaffenheit ihrer Gangarten. Da nun von
den Erzen enthaltenen Eisenmenge die Production eines Hoch-
inter sonst gleichen Bedingungen wesentlich abhängig ist, so ist
rderlich, die Erze so mit einander zu mischen — eine Arbeit, die
is Gattiren der Erze nennt —, dass dem Hochofen stets ein gleich
iches Material zugeführt wird. Zugleich wird man aber Rück-
arauf zu nehmen haben, dass durch eine zweckmässige Gattirung
em Möllern vorgearbeitet wird, dass also durch die passende Gat-
die Bestandtheile der sämmtlichen Gangarten in ein entsprechen-
hältniss gesetzt werden, um dann nur noch einer möglichst gerin-
enge von Zuschlägen zu bedürfen und demgemäss auch den Ge-
isengehalt der Gattirung so wenig als möglich zu erniedrigen; es
n, dass man wegen einer zu geringen Menge von Gangarten über-
ine Vermehrung der nicht eisenhaltigen Bestandtheile beabsich-
Es geht daher Gattiren und Möllern gewöhnlich Hand in Hand,

---

[1]) Obwohl die Erze nicht alle auf Gängen vorkommen, sondern sogar häufiger
rn, so wird doch der Ausdruck „Gangart" der Kürze halber zur Bezeichnung
Bestandtheile gebraucht, welche in einem Eisenerze ausser dem Eisen in
erbindung mit Sauerstoff, Wasser und Kohlensäure auftreten.

und die Grundsätze, welche für die eine Arbeit gelten, lassen sich auch auf die andere anwenden.

a. Grundlagen für die Gattirung und Möllerung.

Ehe man zu der praktischen Ausführung der Gattirung und Möllerung schreiten kann, muss man über die Grundlagen, nach denen dieselbe auszuführen ist, im Klaren sein. Man hat zwar früher allgemein die richtigen Verhältnisse durch Versuche im Hochofen festgestellt und noch heute giebt es Hüttenleute, welche sich auf ihren durch Uebung geschärften Blick verlassend diese Methode einschlagen, aber im Allgemeinen ist man doch auf den stets sichereren und jedenfalls rationelleren Weg der Anwendung wissenschaftlicher Grundsätze übergegangen.

Wenn nach letzteren eine Hochofenbeschickung festgestellt werden soll, so muss man zuerst wissen, wie die Erze, welche man verarbeiten will, zusammengesetzt sind und zwar nicht nur in Bezug auf ihren Eisengehalt, sondern auch in Bezug auf ihre Gangarten. Es ist dazu nöthig zuvörderst eine gute Durchschnittsprobe eines jeden zu verhüttenden Erzes zu nehmen und diese zu analysiren.

Im Allgemeinen wird es genügen, ausser dem Eisengehalte die Menge der Kieselsäure, der Thonerde, des Kalks, der Magnesia und des Mangans im Erze, und zwar in dem Zustande, in welchem es in die Gicht des Hochofens gelangt, zu bestimmen. Es wird in dieser Beziehung nach den in der ersten Abtheilung der Eisenhüttenkunde S. 446 u. folg., sowie S. 477 u. folg. angegebenen Regeln zu verfahren sein. Nach den Resultaten dieser Untersuchungen wird zuvörderst die Gattirung bestimmt und erst dann wird es möglich sein, die Art und Menge der anzuwendenden Zuschläge, deren Zusammensetzung ebenfalls untersucht werden muss, festzusetzen. Gerade wie die Gangarten der Erze sind die Aschenbestandtheile des Brennmaterials, mit welchem der Hochofen betrieben wird, in Rechnung zu ziehen.

Im weiteren Verlaufe wird es häufig nöthig erscheinen, auch den Gehalt an Schwefel und Phosphor, an Kupfer und anderen Metallen in Erzen und Zuschlägen zu berücksichtigen, um darnach nöthigenfalls die gefundene Beschickung noch zu modificiren.

Einfluss der Beschickung auf den Hochofenbetrieb. Die nicht flüchtigen Bestandtheile der Gangarten und Zuschläge vereinigen sich im Hochofen zur Schlacke, während das Eisen sich metallisch in Verbindung mit Kohlenstoff als Roheisen abscheidet.

Die Reduction des in den Erzen enthaltenen oxydirten Eisens und die Kohlung des aus demselben reducirten Eisens, mithin die Vollständigkeit (Reinheit) des Ausbringens und die Qualität des erzeugten Roheisens in Bezug auf dessen Gehalt an Kohlenstoff nach Art und Menge ist wesentlich abhängig vom Schmelzgrade der Schlacke. Der Schmelz-

‧d der Schlacke ist aber wieder abhängig von dem relativen Verhält-
se der sie bildenden Bestandtheile. Ferner bedingt das relative Verhält-
s der Schlacke zum Eisen nicht nur die Höhe der Production, sondern
:h den Aufwand an Brennmaterial für eine bestimmte Menge Roheisen.
nun Qualität des Roheisens, Productionsgrösse und Brennmaterialauf-
nd die drei wichtigsten Factoren sind, von denen die ökonomische
te des Hochofenbetriebes abhängig ist, so lässt sich daraus leicht die
deutung einer richtigen Hochofenbeschickung folgern.

Es gleicht sich zwar in gewissen Grenzen die Qualität und die
antität der Schlacke in der Weise aus, dass ohne wesentliche Verän-
rung der drei angegebenen Factoren mit dem Herabgehen des Schmelz-
ades die Menge steigen, und mit dem Steigen des Schmelzgrades die
enge sinken kann; indessen ist namentlich in Beziehung auf die Quali-
t des Roheisens (den Kohlungsgrad und die Kohlungsart) der mögliche
ielraum kein grosser [1]).

In Bezug auf die Schlackenmenge kann man der Regel nach anneh-
en, dass bei einer Beschickung, bei welcher das Gewichtsverhältniss des
sens zur Schlacke kleiner als 1 : 5 ist, der Brennmaterialaufwand zu
oss wird, um ökonomisch vortheilhafte Resultate zu gestatten, während
ch der anderen Seite hin ohne Nachtheil für die Qualität des Eisens
s Verhältniss von 1 : 0,4 kaum überschritten werden darf [2]). Das Ver-
ltniss von Eisen zu Schlacke ist z. B.:

ıf schottischen Werken:	zu Gartsherri . .	1 : 0,77
„ „	zu Glengarnock .	1 : 0,67
„ „	zu Shottswork .	1 : 0,94
In Süd-Wales	zu Dowlais . .	1 : 1,18 bis 1,50
„ „	zu Ystalifera .	1 : 2,09
In Süd-Staffordshire		1 : 1,3 bis 1,4
Oberschlesien:	Königshütte .	1 : 1,6 „ 1,75.

In Bezug auf den Schmelzgrad kann vorläufig [3]) festgehalten werden,
s derselbe die Grenzen nicht wesentlich überschreiten darf, welche eine
bindung von Kieselsäure, Thonerde und Kalkerde bietet, in der das
erstoffverhältniss der ersteren zu den beiden letzteren sich wie 1 : 1
gulosilicat) bis 2 : 1 (Bisilicat) verhält, Grenzen, welchen gleichzeitig
Schmelzpunkte (Erzeugungstemperaturen) des schwerflüssigen dunkel-
uen (schwarzen) und des leichtflüssigen weissen Roheisens entsprechen
l die nur wenige 100° C. von einander entfernt liegen.

Praktische Verhältnisse bei Bestimmung der Möllerung. Die
hältnisse, welche auf die Bestimmung der Möllerung einwirken kön-

[1]) Vergl. Mrázek im Oesterr. Jahrb. Bd. XVIII, S. 282 u. folg. — [2]) Be-
t über die dritte allgem. Versammlung von Berg- und Hüttenmännern zu Mäh-
-Ostrau 1863. S. 83. — [3]) Die genaueren Grenzen werden sich ergeben, so-
l die Constitution der Schlacke im Einzelnen festgestellt sein wird.

nen, sind so zahlreich, dass sich aus ihnen eine fast unübersehbar
von Combinationen ergiebt, selbst wenn man nur die einflussr
Punkte, nämlich die Art der Schmelzmaterialien (der Erze, der Z
des Brennmaterials und des Windes), sowie die Qualität des zu e
den Roheisens berücksichtigt. Indessen beschränkt sich die
möglichen Combinationen in der Praxis dadurch, dass erstens di
Brennmaterials fast stets durch die örtlichen Verhältnisse vorge
ist, dass in der Wahl der Erze enge Grenzen gezogen sind, da
Beschaffenheit die Roheisenqualität abhängig gemacht wird, und
Bezug auf die Zuschläge keinerlei Beschränkungen vorliegen u
um so weniger, als die Beschaffung der erforderlichen Art von
gen selten wesentlichen Schwierigkeiten unterliegt. Demgemäs
in Bezug auf die Möllerung in der Praxis meist nur einer der
genden Fälle vor:

1. Es sind Eisenerze gefunden worden. Mit denselben soll ei
ofenanlage betrieben werden. Während das Brennmateri
schrieben ist, entsteht die Frage, welche Zuschläge zu wäh
2. Für ein bestehendes Hüttenwerk eröffnen sich neue Bezu
von Erzen. Es entsteht die Frage, wie diese Erze zu gatt
mit welchen Zuschlägen sie zu möllern sind.
3. Es eröffnet sich für ein bisher mit Holzkohlen betrieben
die Möglichkeit, ohne Aenderung der Erze Steinkohlen o
zu beziehen, und es entsteht die Frage, ob und wie sich
schickung zu ändern habe.
4. Man will unter sonst gleichen Verhältnissen eine andere A
eisen erzeugen. Es fragt sich, ob dies möglich, ob es ök
vortheilhaft und die Bejahung vorausgesetzt, welche Ae
der Beschickung erforderlich ist.

Zusammensetzung der Schlacke. Gleichgültig, welche
vier Fälle auch vorliegen mag, immer wird die erste Untersuch
mit der Zusammensetzung der aus den Gangarten und Zuschläge
denden Schlacke zu beschäftigen haben, weil hiervon der Schm
derselben abhängt.

Man kann sich nun zwar der Theorie nach eine unendliche
von Schlacken desselben Schmelzgrades bilden; die natürliche Be
heit der Gangarten aller Erze beschränkt aber diese Menge auf
geringes Maass.

Betrachtet man die zahlreichen, in der ersten Abtheilung de
hüttenkunde im zweiten Abschnitt mitgetheilten Analysen von
erzen, so springt auf der Stelle in die Augen, dass in den be
meisten Eisenerzen die Gangarten wesentlich aus Kieselsäure, T
und Kalkerde bestehen, und dass entweder Kieselsäure und Th
oder aber Kalkerde in überwiegender Menge vorhanden sind.
r nahe, diese drei Stoffe als Schlackenbildner anzusehen, d.

en dadurch, dass man die etwa fehlenden Mengen des einen oder des
deren Stoffes ergänzt, eine Schlacke von angemessener Schmelztempe-
tur zu bilden. Man wird daher als Zuschläge solche Substanzen zu
hlen haben, welche, ebenfalls einen oder zwei der genannten Stoffe ent-
ltend, die erforderliche Ergänzung herbeizuführen geeignet sind. Dies
um so leichter, als die genannten drei Stoffe den grössten Theil der
festen Erdschichten bildenden Gesteine zusammensetzen und daher also
t ohne Ausnahme allerorts ohne Schwierigkeiten zu beschaffen sind.

Es ist natürlich ein für die Praxis günstiges Zusammentreffen, dass
e aus diesen drei Stoffen gebildete Schlacke bei einem richtigen Ver-
ltnisse derselben überhaupt einen der Roheisenerzeugung entsprechen-
n Schmelzpunkt haben kann.

Bei dieser Gelegenheit müssen die Resultate der im ersten Bande der
etallurgie (S. 30 u. folg.) aufgeführten Untersuchungen über die
hmelzbarkeit der Schlacken in Erinnerung gerufen werden.

Hiernach sind die drei Stoffe Kieselsäure, Thonerde und Kalkerde
nzeln für sich in den im Hochofen hervorbringbaren Temperaturen un-
hmelzbar; ebenso sind die Verbindungen der Kieselsäure (Silicate) mit
alk oder mit Thonerde für sich als unschmelzbar anzusehen, wenn das
uerstoffverhältniss der Basis gleich dem der Säure ist (die Singulosilicate);
chter, aber noch immer viel zu schwer schmelzbar für einen rationellen
chofenbetrieb sind die Bisilicate, d. h. die Verbindungen der Kiesel-
ure mit Kalk oder mit Thonerde, in welchen die Sauerstoffmenge der
ure doppelt so gross ist, als die der Basis. Sehr schwer schmelzbar
d auch die Verbindungen von Kalkerde und Thonerde für sich allein [1]).

Dagegen sind die Doppelsilicate, d. h. die Salze, bei welchen mit
Kieselsäure gleichzeitig Kalkerde und Thonerde verbunden sind, so-
hl im Zustande der Singulo- wie der Bisilicate hinreichend leicht
melzbar, um bei der Roheisenerzeugung Verwendung finden zu kön-
; übrigens scheint es, dass die Doppelsingulosilicate umgekehrt wie
einfachen Silicate eine geringere Temperatur als die entsprechenden
ilicate zu ihrer Schmelzung bedürfen.

Die Doppel-Trisilicate der Kalk- und Thonerde sind strengflüssiger,
mmen aber beim Hochofenbetriebe selten in Betracht; ja es ist wohl
glich, dass viele der durch Analyse als Trisilicate bestimmten Hoch-
nschlacken nur quarzhaltige Bisilicate gewesen sind.

Das Verhältniss der Kalkerde zur Thonerde ist für den Schmelz-
nkt der Doppelsilicate derselben nicht gleichgültig, sondern (nach Ber-
ier's Versuchen) sind die leichtschmelzendsten Silicate diejenigen, bei
nen 6 Aeq. Kalkerde ($6\,CaO$) auf 1 Aeq. Thonerde (Al_2O_3) kommt.
e Zunahme an Kalkerde hat einen weit geringeren Einfluss auf die
hmelzbarkeit, als eine Zunahme an Thonerde, so dass zwar in dem
lle, in dem 3 Aeq. Kalkerde auf 1 Aeq. Thonerde kommen, noch ohne

[1]) Vergl. Metallurgie I, S. 45.

1. Kalk- und Magnesia-zuführende Zuschläge.

Da die meisten Erze vorwiegend Kieselsäure und Thonerde e
ten, so sind die Kalk- oder Kalk- und Magnesia-zuführenden Zus
die beiweitem am häufigsten angewendeten. Es wird kaum 1/10 si
licher Hochöfen mit anderen als solchen Zuschlägen versehen.

Kalkstein und Dolomit.

Der wichtigste der hierher gehörigen Zuschläge ist der Kalks
Derselbe ist im reinen Zustande kohlensaurer Kalk ($CaOCO_2$ oder Ca
welcher aus 56 Gewichtstheilen Kalk und 44 Gewichtstheilen Kohlen
besteht. Um 100 Thle. Kalkerde zu erhalten, muss man daher 1
Thle. kohlensauren Kalk anwenden.

Der kohlensaure Kalk ist in der Natur sehr verbreitet. Er fi
sich theils vollkommen krystallisirt als **Kalkspath** und Arrago
theils körnig krystallinisch als **Marmor**, theils dicht mit musch
Bruche als **gemeiner Kalkstein** oder erdig als **Kreide**. Poröse
sen und Incrustationen nennt man **Kalktuff**. Er kommt als Ma
namentlich mit den krystallinischen Gesteinen und den Sedimentgest
vom höchsten Alter (Uebergangsformation), als gemeiner Kalkstein in
mittleren Formationen bis einschliesslich der Juraformation, als Krei
der nach ihr benannten Formation, als Kalktuff in den jüngsten Bil
vor, ohne dass indessen diese Regel ausnahmslos dastände.

Der kohlensaure Kalk nimmt neben kieselsaurer Thonerde mit
den wichtigsten Antheil an der Zusammensetzung der festen Erdr
Er bildet in seinen verschiedenen Varietäten theils mächtige Schich
und Schichtenfolgen, theils Ausfüllungen von Gängen und Stöcken
fast stets bieten die Eisenerz führenden, oder die angrenzenden For
tionen Kalksteine dar, so dass die Beschaffung nur ausnahmswe
Schwierigkeiten verknüpft ist.

Der kohlensaure Kalk tritt nur im Kalkspath und Arragonit
rein auf, im Uebrigen ist er mehr oder weniger verunreinigt durch
dere Stoffe, zu denen namentlich als chemische Bestandtheile geh
Kohlensaures Eisenoxydul, kohlensaure Magnesia, kohlensaures Man
oxydul; während sich mechanisch beigemengt finden: Kieselsäure
Quarz, kieselsaure Thonerde als Thon, Eisenoxyd und Eisenoxydh
Kohle und kohlige Substanzen (Bitumen, z. B. im Stinkkalk), phosph
saurer Kalk, Fluorcalcium (Flussspath), schwefelsaurer Kalk (Gyps
schwefelsaure Thonerde. Nicht selten sind auch die Verbindungen
Eisens und Schwefels (Schwefelkies, Magnetkies), sowie die Verbind
anderer Metalle, namentlich Bleiglanz, Kupferkies, Galmei und Zink
mengt. Zum Theil sind diese fremden Bestandtheile nur sch
..., als sie den Gehalt an Kalkerde vermindern, zum Thei

durch ihren Gehalt an Schwefel, Phosphor und Metallen direct nach-
ālig. Erhöht kann der Werth des Kalksteines werden durch einen
engehalt, auch wohl durch Vorkommen von Flussspath [1]).

Der Magnesiagehalt wächst in allen Verhältnissen bis zu der chemi-
en Verbindung nach einfachen Aequivalentverhältnissen. Die kohlen-
re Kalk-Magnesia mit 54,2 Proc. kohlensaurer Kalkerde [2]) und 45,8
c. kohlensaurer Magnesia [3]) wird Dolomit genannt und bildet eben-
s mächtige, meist ungeschichtete, oft stockförmige Gebirgsmassen.

Ist kohlensaurer Kalk oder Dolomit mit Thon innig gemengt, so ent-
t das Gestein, welches man Kalk- bez. Dolomitmergel nennt.

Die Kalksteinarten sind meist sehr reich an Versteinerungen, zuweilen
ahe ganz aus denselben zusammengesetzt. Nur im Marmor und Do-
it kommen organische Ueberreste selten vor. Mit dem Reichthum an
hen Stoffen, namentlich wenn sie aus Knochen von Wirbelthieren be-
en, wächst gewöhnlich der Gehalt an Phosphorsäure, auf welchen die
merksamkeit besonders zu richten ist.

Im körnigen Kalksteine (Marmor) kommen namentlich an fremden
eralien vor: Glimmer, Chlorit, Talk, Amphibol, Granat, Augit, Feld-
th, Vesuvian, Epidot, Quarz, welche an sich unschädlich sind; Flussspath
Magneteisen, welche nützlich sein können; Eisenkies, Zinkblende,
iglanz, Kupferkies, sowie selten phosphorsaurer Kalk (Apatit), welche
ädlich wirken. Die Freiheit von Phosphorsäure zeichnet im Allgemei-
diese Kalksteine vortheilhaft aus. Sie kommen häufig mit Magnet-
nstein in krystallinischem Schiefer (z. B. in Schweden, bei Walden-
g in Schlesien) oder in den an Eisenerzen reichen Schichten des Ueber-
gsgebirges (z. B. im südlichen Westphalen, an der Lahn, in Steier-
k, im Harz) vor, und werden dann als Zuschläge beim Verschmelzen
ser Erze benutzt. Meist sind es devonische, in Süd-Staffordshire silu-
he Kalksteine.

Im gemeinen oder dichten Kalksteine treten oft Hornsteinmas-
dünne Thonlagen, Quarzsand als den Kalkgehalt einfach verringernde
tanzen auf. Die Kalksteine, welche aus kleinen Körnern zusammenge-
sind (Oolithe, Erbsen- und Rogensteine) haben im Inneren der Kalk-
r nicht selten Sandkörnchen und als Bindemittel ebenfalls Quarzsand
Thon. Als schädliche Einmengungen enthält der dichte Kalkstein
felkies und Bleiglanz, seltener Zinkblende und Kupferkies. Im All-
en gilt die Regel, dass die Kalksteine um so phosphorreicher sind,
eren Formationen sie angehören. Zahlreiche Varietäten und
nge zu Mergel und Dolomit werden durch Thon- und Magnesia-
edingt.

dichte Kalkstein ist der gewöhnlichste Zuschlagskalkstein. Von

---

1) Seite 558. — 2) Kalkerde = 71,47 Calcium, 28,53 Sauerstoff. —
3) 60 Magnesium, 40 Sauerstoff.

grosser Wichtigkeit für den Hüttenbetrieb sind die Lager in der K
kalkformation, auf welcher die Steinkohlenformation mit ihrem
thum an Brennmaterial und oft auch Eisenerzen liegt und welch
Theil neben den in den oberen devonischen Schichten vorkomm
meist marmorartigen Kalksteinen, z. B. für den Steinkohlendist
Westphalen, für Belgien, für die englischen Districte von Forest of
Süd-Wales, Süd-Staffordshire, für die grossen Hüttenwerke von C
land, sowie in den Eisendistricten Schottlands als Zuschlag benutzt w

Die oft dolomitigen Zechsteinkalke dienen seltener (z. B. in G
Marien-Hütte) als Zuschlag. Dagegen bildet wieder das Mittelgli
Triasformation, der Muschelkalk, in mehreren Eisendistricten ei
tiges Zuschlagsmaterial. So hauptsächlich in Oberschlesien und Pol
gleichzeitig der derselben Formation angehörige Dolomit unter be
ren Umständen (wenn ein phosphorfreies Roheisen erzeugt werde
benutzt wird.

Die an oolithischen Kalken reiche Juraformation giebt bei de
schmelzung der ihr angehörigen Erze hinreichende Zuschläge. Ol
der Kalk meist phosphorreich ist, so kommen doch auch sehr reine
täten vor, z. B. der Kalkstein von Arnegg, welcher 99 Proc. kohlen
Kalk enthält [1]).

Der erdige Kalkstein oder die Kreide ist gewöhnlich
Feuersteinknollen und Thonlagen verunreinigt. Erstere sind woh
zuhalten, letztere dagegen oft so innig gemengt, dass sie sich nicht
nen lassen und dem Kalksteine mehr den Charakter eines Mergels
Die Anwendung ist wie das Vorkommen von brauchbaren Eisenerz
der Kreideformation selten; jedoch wird reiner Kreidekalk zuweil
weite Strecken, z. B. von Dover bis auf einige Werke des Clevela
strictes und Nord-Yorkshire transportirt [2]).

Der Kalktuff, der sich noch jetzt als Wiesenmergel häufig i
Nähe von Raseneisenerzen ablagert, ist gewöhnlich ein sehr durch
phor, auch durch Sand oder Thon verunreinigtes lockeres Gestein, w
indessen nicht selten als Zuschlag bei der Verhüttung der Raseneise
z. B. auf Hochöfen in der norddeutschen Tiefebene bei der Erzeugung
Gusswaaren angewendet wird.

Dolomit (ohne Analyse nur annähernd durch das schwächere
sen mit Säure und das höhere specifische Gewicht 2,8 bis 2,9 gegen 2
2,7 des Kalksteines von letzterem zu unterscheiden) kommt wie der
stein in allen Formationen vor. In den Einlagerungen zwischen
krystallinischen Schiefern enthält er oft Glimmer, Talk, Quarz, Tur
an unschädlichen, Eisenkies, Zinkblende an nachtheiligen Mineralie
den Einlagerungen zwischen sedimentären Schichten oft Braun- und Sp
eisenstein als verbessernde, Bleiglanz, Galmei als schädliche Beimeng

---

Quenstedt, Epochen der Natur, S. 92. — [2]) Preuss. Zeitschr. f.
u. Sal.-Wes., 1866. S. 299.

im Allgemeinen reicher an kohlensaurem Kalk, als seiner normalen
mensetzung entspricht, so dass er als ein Gemisch von Kalkstein
olomit angesehen werden muss, und bildet zahlreiche Uebergänge zu
lichem Kalkstein. Er wird wegen seines Magnesiagehaltes und sei-
einheit von Phosphor dann benutzt, wenn der Schmelzpunkt der
ke hoch sein und der Gehalt an Phosphor in dem erzeugten Eisen
chst herabgezogen werden soll. Die Anwendung der Dolomite aus
echstein- und der Muschelkalkformation ist bereits erwähnt.

)ie Zusammensetzung der Kalksteine ergiebt sich aus den folgenden
sen, welche aus der grossen Zahl der vorhandenen Untersuchungen
Gesteine ausgewählt sind:

)ie erste Reihe von Analysen Nr. 1 bis 16 zeigt die Zusammen-
ıg devonischer Kalke aus dem Nassauischen, an die sich als Nr. 17
8 zwei Varietäten dolomitischen Muschelkalkes aus der Nähe von
rücken anschliessen. (Siehe Tabelle auf Seite 546 und 547).

)iese Analysen sind von Fresenius in Erdmann's Journ. f. prakt.
ie [1]) mitgetheilt.

Die ersten 16 Nummern sind nach ihrem Gehalte an kohlensaurer
esia geordnet.

Nr. 1 bis 12 sind eigentliche Kalksteine, Nr. 13 bis 18 Dolomite.
esteine Nr. 1 bis 5, 7, 8 und 11 gehören dem Stringocephalenkalke,
s 16 dem Dolomite derselben Schichtenfolge, Nr. 9, 10 und 12 dem
nellenkalke und Nr. 17 und 18 dem Muschelkalke an.

Nr. 1. Ein grau, gelbbraun bis schmutzig gelber Kalkstein, hier
la mit rothen Adern, aus der Gemarkung Edelsberg.

Nr. 2. Ein dunkelgrauer, feinkörniger Kalk aus der Nähe von
mit einzelnen von Eisenoxydhydrat braungelb gefärbten Stellen.

Nr. 3. Ein hellgrauer, feinkörniger Kalk mit Anlage zur Schiefer-
ur. Fundort in der Nähe von Nr. 2.

Nr. 4. Ein grob krystallinischer, grauweisser, ins Röthliche spielen-
alkstein.

Nr. 5. Ein Kalkstein von Langenaubach, welcher auf der Haigerer
als Zuschlag verwendet wird; grau, sehr feinkörnig, mit Kalk-
ıdern.

Nr. 6. Sogenannter Hahner Kalk, welcher gebrannt hydraulische
schaften hat, aus der Nähe von Wiesbaden.

Nr. 7. Ein grauer Kalk aus der Umgegend von Hadamar, sehr fein-
g, fest, sparsam mit Kalkspathadern durchzogen, hier und da von
oxydhydrat braungelb gefärbt.

Nr. 8. Ein schwarzgrauer, gleichmässiger Stein von Merkenbach.

Nr. 9. Ein gelblich-grauer Kalkstein mit zahlreichen Versteinerun-
Aus der Gegend von Wiesbaden.

Bd. 54, S. 98 u. 374.

	[illegible]	[illegible]	[illegible]	4	5	[illegible]
Kohlensaurer Kalk . . .	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
Kohlensaure Magnesia . .	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
Eisenoxydul						
Eisenoxyd						
Manganoxydul . .	[illegible]	[illegible]	Spur	[illegible]	1.65	
Manganoxyd						
Thonerde						
Thon mit Sand	[illegible]	[illegible]	Spur	[illegible]	3.91	[illegible]
Wasser mit Verlust	[illegible]	—	—	—	1.94	
Specifisches Gewicht	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	

Nr. 10. Ein compacter Kalkstein, sehr reich an Verstei[illegible] von [illegible] (links des Rheins).

Nr. 11. Ein schwarzgrauer, feinkörnig-krystallinischer, se[illegible] körniger Kalkstein mit einigen Kohlengehalt, aus der Gemarku[illegible] [illegible]

Nr. 12. Ein gelbbrauner, an Versteinerungen armer, drusi[illegible] stein. Von der Speismühle.

Nr. 13. Ein feinkörniger, krystallinischer Dolomit von gra[illegible] mit wenigen durch Eisenoxydhydrat braun gefärbten Kalkspath[illegible] der Gegend von Hadamar.

Nr. 14. Ein feinkörniger, fleischrother, hier und da vo[illegible] spathadern, welche von Manganoxyden dunkelbraun gefärbt sin[illegible] zogener Dolomit von Steeten.

Nr. 15. Ein grauer Dolomit mit sparsamen braunen A[illegible] den Kluftflächen Manganoxyde führend, körnig krystallinisch. Gegend von Staffel.

Nr. 16. Ein feinkörniger, violettgrauer Dolomit. Auf d[illegible] tungsflächen gelb und braungelb. Aus der Gegend bei Diez.

Nr. 17 und 18. Moselkalk. Muschelkalkdolomit aus der [illegible] Saarbrücken.

An diese eigentlichen Kalksteine und Dolomite schliessen Nr. 19 bis 21 drei den Uebergang bis in den eigentlichen Mergel den Kalke des Muschelkalkes aus der Gegend ven Sennfeld in [illegible] Sie sind von v. Bibra untersucht[1]):

[1]) Erdmann's Journ. f. prakt. Chem. Bd. XXVI, S. 14.

	10	11	12	13	14	15	16	17	18
76	95,20	86,54	92,00	57,68	53,58	54,98	54,89	61,18	52,45
05	1,42	1,46	1,98	40,63	42,63	43,71	44,48	35,69	38,16
18	0,59	0,99	1,01	0,60	0,81	0,49	0,22	2,94	3,41
57	3,19	11,30	4,27	0,46	2,35	0,35	0,41	0,08	3,40
14	—	—	0,74	0,63	0,63	0,47	—	0,11	2,58
11	2,48	2,71	2,57	2,81	2,78	2,82	2,77	2,61	

usserdem 0,72 Proc. kieselsaurer Kalk.

. 19 ist aus einer Lage festen Kalksteins von blaugrauer Farbe
hört noch zur Gattung der eigentlichen Kalksteine.

	19	20	21
Kohlensaurer Kalk . . .	88,0	41,1	10,2
Kohlensaure Magnesia . .	1,3	44,8	11,5
Eisenoxydul	—	1,3	11,0
Eisenoxyd	—	—	
Thonerde	—	3,7	13,8
Kieselsäure	6,5	5,8	47,0
Thon und Sand	1,9[2])	—	—
Wasser	0,6	2,4	5,5
Schwefelsäure, Kali, Natron, Chlorverbindungen, Verlust	1,7	0,9	1,0
Specifisches Gewicht . . .	2,73	2,69	2,62

[2]) Mit Eisenoxyd.

. 20. ist aus einer mergeligen Schicht desselben Muschelkalkes,
hier und da eingesprengten Schwefelkies enthält und dunkelgraue
besitzt.

[illegible]

[illegible]

	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]	[illegible]

[illegible] ist [illegible] von Dudley, [illegible]

Nr. 23 ist [illegible] Kalkstein von [illegible], dunkel grau von Farbe, dicht und reich an Muscheln.

Uebrigens ist die Menge der Phosphorsäure doch im Allg[emeinen nicht] so gross, als man oft geneigt ist anzunehmen. Schramm [unter]suchte z. B. die Kalksteine Würtembergs auf Phosphorsäure und [Ge]halt an Alkalien und fand, dass zwar in allen Kalkarten Kali und [Natron] vorkommen, meist an Kohlensäure gebunden zu 0,1 bis 0,3 Proc. dagegen Phosphorsäure nur in dem der Muschelkalkformation [an]gehörigen Wellendolomit in bestimmbaren Mengen mit Sicherheit an[zu]sei, und zwar fand er in dem unteren Wellendolomit von Wittl[ensweiler] bei Freudenstadt 0,1763, im oberen Wellendolomit von Aach 0,06[...] Phosphorsäure.

Freilich sind zahlreiche Ausnahmen vorhanden, denn der auf [der ...] hütte in Oberschlesien [4]) verwendete Kalkstein des Muschelkalkes ([...] auf folgender Seite) enthält z. B. nach Eck:

---

[1]) Erdmann's Journ. f. prakt. Chem. LXXII, S. 187. — [2]) Erd[mann's] Journ. f. prakt. Chem. XLVII, S. 440. — [3]) Annähernd im Verhältniss von [...] Kali auf 2 Aeq. Natron. — [4]) Vergl. Nr. 44, Kalksteine von Laband.

Nr. 24. Kohlensauren Kalk 92,902
Phosphorsäure . . . . 0,399 [1])
Alkalien 0,177
Eisenhaltiges Thonerdesilicat . 6,423

Vie neben kohlensaurem Kalk ausser phosphorsaurer Kalkerde zu- auch noch andere Kalkverbindungen, z. B. schwefelsaure Kalkerde luorcalcium, auftreten können, zeigt unter anderen folgende Ana- Nr. 25) von Jenzsch [2]) von einem wahrscheinlich von Volterra enden Arragonit:

Nr. 25. Kohlensaure Kalkerde 91,17
Kohlensaure Magnesia 0,48
Kohlensaurer Strontian 0,27
Kohlensaures Kali 0,62
Kohlensaures Natron 0,59
Fluorcalcium 3,27
Phosphorsaure Kalkerde 1,24
Schwefelsaure Kalkerde 0,86
Wasser 2,26

Die nun folgenden Analysen 26 — 35 beweisen, bis zu welcher Bedeu- für das Eisenausbringen zuweilen der Eisengehalt von Kalksteinen n kann. Sie sind nach der Höhe des Gehalts an Eisen angeordnet:

	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35
. .	32,40	38,57	46,80	35,80	42,29	29,01	29,75	25,82	29,24	21,30
. .	14,46	11,75	2,62	2,34	2,75	2,70	9,22	10,78	3,01	1,24
. .	3,23	—	—	—	—	—	10,31	15,08	16,41	—
. .	—	3,70	4,50	9,60	10,69	12,01	4,91	—	—	25,31
al .	—	—	—	—	—	—	1,00	—	—	2,80 [4])
. .	—	—	Spur	Spur	Spur	0,50	1,74	—	—	4,19
. .	40,01	43,95	41,06	39,38	36,95	30,24	39,80	43,52	33,60	18,06
rie .	—	—	—	0,28	—	1,90	—	—	—	—
. .	—	—	—	—	—	—	0,52 [3])	—	—	12,00
. .	—	—	—	—	—	—	2,75	—	—	14,50
and .	—	—	—	5,02	12,60	7,32	—	23,64	4,80	—
. . .	9,84	0,95	—	—	—	—	—	—	—	—
Eisen	2,51	2,59	3,15	6,72	7,48	8,41	11,46	11,73	12,77	17,70

sserdem Spuren von Phosphorsäure und Schwefelsäure. — [4]) Manganoxyd.

Nach einer Untersuchung von Duflos enthielt der Kalkstein von demselben ,498 Proc. Phosphorsäure. — [2]) Annalen d. Physik u. Chemie. Bd. XCVI,

Nr. 26 und 27 sind Kalksteine vom Eisengraben an der Assenz in Steyermark, 1843 untersucht und mitgetheilt im Oe
Jahrbuch Bd. 13. S. 32. Nr. 28 bis 31, 33 und 34 sind
welche aus den Bergbauen bei Wetzmann im Obergailthal
gewonnen und als Zuschläge bei den benachbarten Hüttenw
werden. Sie sind 1842 von Jawersky analysirt und im Oe
Jahrbuch Bd. 13, S. 28 mitgetheilt. Nr. 28 ist von Kre
vom Grauer Alpenbau; Nr. 30 vom Würmlacher Alpenbau;
Sauerwegg; Nr. 33 von Dellach; Nr. 34 von Valentine;
eine Analyse der in Neuberg in Steyermark als Zuschlag be
nannten Rohwand, von Zahrl mitgetheilt im Oesterreichis
Bd. 16, S. 306. Nr. 35 endlich ist der unter dem Namen
Zuschlag zu Mariazell in Steyermark gebrauchte Kalkstein, w
von Sturm analysirt und im Oesterr. Jahrbuch Bd. 12, S. 37 a

Schliesslich mögen noch einige verschiedene Analysen
welche sämmtlich Kalksteinen angehören, die thatsächlich
beim Hochofenbetriebe benutzt werden:

	36	37	38	39	40	41	42	4
Kohlensäure . .	44,37	41,70	45,06	44,35	46,25	44,37	44,10	36,7
Kalkerde . . .	47,97	45,84	34,40	50,14	33,65	47,97	49,80	45,9
Magnesia . . .	6,20	6,65	17,39	4,30	17,82	6,20	4,49	1,0
Thonerde . . .	—	—	—	—	0,51		0,50	1,3
Eisenoxyd . . .	0,20	2,22	0,73	—	0,59	0,20		1,2
Manganoxyd . .	—	0,19	—	0,09 [9]	—	—	Spur	0,2
Eisenoxydul . .	—	—	—	0,34	—	—	—	—
Thon und Sand .	0,75	1,78 [1]	1,14 [2]	—	0,75	0,75	—	—
Kieselsäure . .	—	—	—	0,81 [8]	—	—	1,20	12,6
Organ. Materie .	—	0,27 [3]	0,32 [4]	0,15	—	—	—	—
Wasser	—	1,17	0,75	—	0,43	—	—	0,6
Phosphorsäure .	—	0,01	0,07	0,02	Spur	—	—	—

[1]) Ausserdem 0,04 Proc. Schwefelsäure und 0,13 Proc. Kali und eine Spur Kupfer. — [2]) Ausserdem 0,05 Proc. Schwefelsäure und 0,1 und Natron und eine Spur Kupfer. — [3]) u. [4]) Beigemengte Holzkohl stücke. — [5]) Manganoxydul. — [6]) Spur Schwefeleisen. — [7]) 0,15 S — [8]) und Thonerde. — [9]) Manganoxydul.

Die Analysen Nr. 36 bis 41 betreffen Kalkzuschläge, die
schen Werken, oft neben silicium- und thonerdehaltigen Zus
nutzt werden. Sie sind im Oesterreichischen Jahrbuch vom
ralprobiramt mitgetheilt.

. 36 ist ein zu Mariazell in Steyermark gebrauchter Zuschlags-
n, von H. Sturm 1859 analysirt.

. 37 und 38 sind Dolomite, welche in Neuberg in Steyermark als
ge benutzt werden, ersterer vom Karlsgraben bei Krampen, letzterer
uberg selbst, beide 1861 von M. v. Lill analysirt. Nr. 39 ist
kstein von demselben Fundort wie 38, 1866 von Lichtenfels
t.

. 40 ist ein zu Dienten in Steyermark gebrauchter Zuschlagskalk-
862 von Lill, Sturm und Eschka analysirt.

. 41 ein zu Mariazell in Steyermark verwendeter, 1859 von Sturm
hter Kalkstein.

. 42 bis 45 sind auf böhmischen und ungarischen Werken ver-
Kalksteine. Die Analysen stammen aus derselben Quelle wie
ergehenden. Es sind:

. 42 und 43 Zuschlagskalksteine von Schatzlar in Böhmen, 1862
t von Lill, Hillebrand und Eschka.

. 44 ein Zuschlagskalkstein von Reschitza in Ungarn, analysirt
n Lill, Sturm, Eschka und Zahrl.

. 45. Dolomit von Dolinka, als Zuschlag gebraucht auf den Eisen-
zu Diósgyör in Ungarn. Analysirt von denselben wie Nr. 44.

r in Oberschlesien vielfach benutzte Muschelkalk von Laband [1])
) enthält nach Dr. Lindner:

Nr. 46.	Kohlensauren Kalk	94,6	Proc.
	Kohlensaure Magnesia	1,2	„
	Kieselsäure	1,1	„
	Thonerde und Eisenoxyd	1,3	„
	Wasser	0,9	„

r zu Königshütte in Oberschlesien für Bessemerroheisen verwen-
lomit von Chorzow (Nr. 47) ist zusammengesetzt aus:

Nr. 47.	Kohlensaurem Kalk	54,78
	Kohlensaurer Magnesia	27,36
	Eisenoxyd	5,97
	Manganoxyd	2,08
	Phosphorsäure	0,07
	Chem. geb. Wasser	1,82
	In Salzsäure unlösl. Rückstand	7,30

Röstung der Kalksteine.

e Kohlensäure der Kalksteine muss beim Hochofenbetriebe ver-
t werden, ehe die Kalkerde zum Eingehen einer Verbindung mit

'ergl. Nr. 24 in Bezug auf Phosphorgehalt.

der Thonerde und Kieselsäure geeignet ist. Hiermit ist ein Aufwand von Wärme verbunden, welchen man durch eine vorhergehende Röstung (Brennen) des Kalksteines aus dem Hochofen heraus verlegen kann.

Das Brennen des Kalksteines zum Zwecke des Hochofenbetriebes bedarf nicht der Vorsicht, welche erforderlich ist, wenn man aus dem Kalk Mörtel bereiten will, weil eine etwas zu hohe Temperatur, welche im letzten Falle zum Todtbrennen führt, hier keinen wesentlich schädlichen Einfluss ausübt. Man kann daher in jedem beliebigen zum Rösten der Eisenerze brauchbaren Apparate auch das Kalkbrennen vornehmen [1].

In denselben Fällen, in welchen beim Rösten der Eisenerze die Berührung von Brennmaterial und Röstgut vermieden werden muss, hat man gleiche Vorsicht beim Kalkbrennen anzuwenden, um nicht durch schwefel- oder phosphorhaltige Asche die Qualität des zu erzeugenden Roheisens zu verschlechtern. Hochofengase lassen sich auch hier sehr gut verwenden.

Der Einfluss des gerösteten Kalksteines im Gegensatz zum rohen ist in Bezug auf den Gang des Hochofens ein ähnlicher, wie der des gerösteten Spatheisensteins. Ein Unterschied liegt indessen erstens darin, dass die Kohlensäure des Kalksteines nicht wie beim Spatheisenstein auf Kosten der höheren Oxydation des zurückbleibenden Oxydes zum Theil zersetzt wird [2], sondern unzersetzt entweicht, vorausgesetzt, dass sich nicht die vorhandene glühende Kohlen Gelegenheit zu einer Umwandlung in Kohlenoxyd bieten sollte, und zweitens in der Verschiedenheit der Temperatur, welche zum Austreiben der Kohlensäure in beiden Fällen gehört. Beim Kalkstein ist eine Temperatur von 600 bis 800° erforderlich [3].

Die Kohlensäure, welche im Hochofen aus dem roh aufgegebenen Kalksteine entwickelt wird, verdünnt die Gase, beeinträchtigt daher die Reduction und verschlechtert die Qualität der Gichtgase als Brennmaterial; ein Brennmaterialverbrauch durch die Verwandlung der Kohlensäure in Kohlenoxyd, wie sie z. B. Aubel voraussetzt [4], ist dagegen nicht anzunehmen. Der vorige Abschnitt über die Gase des Hochofens beweist (vergl. S. 215) hinreichend, dass eine Zersetzung der durch Reduction gebildeten Kohlensäure in untergeordnetem Maasse stattfindet. In noch geringerem Maasse gilt dies, wie weiter unten gezeigt werden wird, von der Kohlensäure des Kalksteines. Nach Schinz [5]) ist noch zu beachten,

---

[1]) Vergl. über die wichtigsten Arten der zum Kalkbrennen behufs Mörtelbereitung angewendeten Oefen „Muspratt-Stohmann-Kerl, II. Aufl. Bd. III, S. 587 u. f.“ — [2]) Vergl. S. 413. — [3]) Nach Schinz verlor ein sehr reiner Kalkstein mit 43,13 Proc. Kohlensäure nach vierstündigem Glühen bei 617 bis 675°, sowie nach zweistündigem Glühen in einem Gasstrome bei 847° sämmtliche Kohlensäure nach dreistündigem Glühen ohne Gasstrom in einer Temperatur von 862 bis 881° nur 40,613 Proc. Kohlensäure. Bei 1000° entwich die Kohlensäure sehr schnell (Dingler's Polyt. Journ. 182, S. 215). Derselbe kommt in seinem Werke „Documente, betr. d. Hochofen“ zu dem Schlusse, dass die Kohlensäureentwickelung erst bei 800° beginne (s. Op. cit. S. 203). — [4]) Vergl. Kerpely, Fortschritte, 4. Jahrg. S. 90. — [5]) Doc. betr. d. Hochofen S. 103.

auch die specifische Wärme des gebrannten Kalkes bei hohen Tem-
turen geringer ist als die des rohen [1]).

Dass die Anwendung gebrannten Kalkes beim Hochofenbetriebe trotz
unter bestimmten Umständen sich dadurch bietenden Vortheile so
n zur Anwendung kommt, liegt wesentlich in der Schwierigkeit, den
annten Kalk aufzubewahren. Derselbe nimmt nämlich in feuchter
selbst in Stückform Kohlensäure und Wasser auf und zerfällt in Pul-
Dies hat den doppelten Nachtheil, eine für den Hochofenbetrieb
ünstige Beschaffenheit des Zuschlages, die Pulverform, zu erhalten und
itens einen Theil des zum Rösten aufgewandten Brennmaterials ver-
ich benutzt zu haben. Man muss daher die Einrichtungen so treffen,
der Kalk möglichst frisch für den Hochofen Verwendung findet.

Die Vortheile, welche sich in Bezug auf Brennmaterialersparniss im
hofen zeigen, werden übrigens um so geringer sein, je geringer die
ge des Kalks im Verhältniss zum Brennmaterial, welches auf eine
ichtseinheit Roheisen verbraucht wird, ist [2]).

Obwohl daher z. B. bei Versuchen in Ougrée die Koksersparniss 9,6
. bei gleichzeitiger Vermehrung der Roheisenproduction um 23 Proc.
gen haben soll [3]), wo bei 40 Proc. der Erzgattirung an Zuschlags-
tein ein Verbrauch von 156 Gewthln. Koks zu 100 Gewthln. Roh-
stattfand, betrug dagegen in Königshütte in Oberschlesien, wo
30 Proc. Kalkstein zugeschlagen und 227 Gewthle. Koks verbraucht
en, die Koksersparniss nur 3,1 Proc. und die Mehrproduction nur
Proc., so dass am letzteren Orte gar kein praktischer Vortheil entstand
der Versuch wieder aufgegeben wurde. Bei reichen quarzigen Erzen
z. B. in Ilsenburg) und bei Anwendung von Holzkohlen scheint
etrieb mit gebranntem Kalke bisher stets am meisten Erfolg gehabt
aben. Uebrigens findet man die Verwendung von gebrannten Kalk-
en sehr häufig auch da als Nothwendigkeit, wo durch die Benutzung
Brennmaterialien (Holz, roher Steinkohlen) ein Wärmeverbrauch
findet, welcher anderweitig wieder ausgeglichen werden muss. Als
piel dienen z. B. Sir Howy in Süd-Wales, Russelsworth bei Dudley in
Staffordshire, Antonienhütte in Oberschlesien.

Von der Benutzung des nach dem Brennen gelöschten Kalkes in
von Kalkbrei zum Einbinden pulverförmiger Erze oder eisenhaltiger
cke ist bereits S. 533 die Rede gewesen.

Die wichtigsten vergleichenden Versuche über die Anwendung
rohem und gebranntem Kalk, welche veröffentlicht worden sind, fin-
sich im Folgenden zusammengestellt:

In Ekaterinenburg im Ural wurden Jahre lang vergleichende Ex-
nente mit rohem und gebranntem Kalk gemacht [4]). Nach dem Ge-

---

[1]) 1 Kilogr. roher Kalk soll bei der Erwärmung bis auf 800° 304, gebrannter
199 Wärmeeinheiten absorbiren. — [2]) Op. cit., S. 103. — [3]) Karsten's Archiv
neralogie etc. Bd. XXV. (1853), S. 440. — [4]) Annuaire du Journal des Mines
ussie. Année 1836. St. Pétersbourg. Imprimé à Paris 1840.

brauche des gebrannten Kalkes während 13 Tagen zeigte sich beim Be-
triebe des Hochofens nichts Aussergewöhnliches. Das Roheisen, welches
erhalten wurde, war gut für Munitionsguss, Hartguss und andere Gegen-
stände. Man fand durch die Benutzung von Kalk an Stelle von Kalk-
stein eine Ersparniss von 43 Kopeken für je 100 Puds verschmolzener
Erze, d. h. von $12^1/_2$ Sgr. für ungefähr 660 Kilogr.

In Ougrée bei Lüttich in Belgien [1]), von wo die Resultate im All-
meinen schon oben angegeben sind, brauchte man bei Anwendung von
Kalkstein auf 100 Kilogr. Roheisen während 6 Monaten im Durchschnitt
$160^1/_2$ Kilogr. Koks, während beim Gebrauch von gebranntem Kalk in
derselben Zeit nur $146^1/_2$ Kilogr. nöthig waren, d. h. eine Ersparniss von
8 Proc. gemacht wurde. Die durchschnittliche Production an Roheisen
mit Kalkstein war in 28 Tagen 461,000 Kilogr., d. h. ungefähr 119 Tons
(à 2240 lbs.) per Woche, mit Kalk dagegen in derselben Zeit 7[illegible]
Kilogr., d. h. 183 Tons per Woche, also eine Zunahme von 24,3 [illegible]
Entsprechende Resultate wurden mit einem zweiten Hochofen erhalten,
welcher während dreier Monate mit Kalkstein, während drei anderer Mo-
nate mit Kalk betrieben wurde. Der durchschnittliche Verbrauch an
Koks auf 100 Kilogr. Roheisen betrug 162 Kilogr. im ersten, $147^1/_2$ [illegible]
im zweiten Falle. Die Production war per Monat im ersten Falle 469,[illegible]
Kilogr., d. h. ungefähr 117 Tons per Woche, im zweiten 563,000 Kilogr.,
d. h. 141 Tons per Woche. Als diese Mittheilung veröffentlicht wurde,
hatten die Oefen zu Ougrée bereits $3^1/_2$ Jahre hindurch mit gleich guten
Resultaten gearbeitet. Die Ersparniss betrug per Jahr bei Anrechnung
der Kosten für das Kalkbrennen 30,000 Francs, d. h. 8000 Thlr.

In Folge der Veröffentlichung dieser Angaben wurden 1852 von [illegible]
auf Königshütte in Oberschlesien ähnliche Versuche angestellt [2]).

In zehn auf einander folgenden Wochen war in zwei Oefen bei Anwen-
dung von Kalkstein der Verbrauch von Koks auf 100 Kilogr. grauen Roh-
eisen (von grobkörnigem, glänzendem Bruche, welches zum Puddeln ver-
wendet wurde) 228 und $227^1/_4$ Kilogr.; und in denselben Oefen in den
darauf folgenden zehn Wochen bei Anwendung von Kalk 223 und 21[illegible]
Kilogr. auf 100 Kilogr. Roheisen, d. h. im Durchschnitt eine Ersparniss
von 3,1 Proc. Die Production wuchs um 3,3 und 2,4 Proc., oder im
Durchschnitt 2,85 Proc. Um nicht den Einfluss der Jahreszeiten zu ver-
nachlässigen, wurde der eine Ofen um dieselbe Zeit mit Kalkstein betrie-
ben, in welcher der andere mit Kalk versehen ward und umgekehrt.

Die Ergebnisse im Einzelnen sind in folgender Tabelle (Seite 55[illegible]
zusammengestellt:

Die hiernach erlangten Resultate waren so gering (circa 6 Pfennig
Ersparniss pro 100 Kilogr. Roheisen), wenn man die zum Brennen [illegible]

---

[1]) Edinburgh New Philosophical Journal, April 1854, S. 378, und Zeitschr. [illegible]
Oesterr. Ingen.-Vereins 1852, S. 145. — [2]) Karsten's Archiv. 2. Reihe, XI[illegible]
S. 436. (1853.)

I. Bei dem Wedding-Hochofen.

a. Mit rohem Kalkstein. Im Januar bis Mitte Februar und im Mai 1852.				b. Mit gebranntem Kalk. Von Mitte Februar bis Ende April 1852.			
Wochen-Zahl	Koks-Verbrauch	Roheisen-production		Wochen-Zahl	Koks-Verbrauch	Roheisen-production	
	Tonnen [1]	Ctr. [2]	Pfund		Tonnen	Ctr.	Pfund
1	618	563	90	1	814	767	59
2	690	621	54	2	838	862	16
3	846	741	55	3	774	786	57
4	822	710	41	4	768	697	60
5	804	695	97	5	836	758	85
6	812	754	8	6	786	671	28
7	844	812	23	7	774	709	90
8	794	726	21	8	768	684	75
9	846	759	97	9	740	647	49
10	756	692	97	10	820	717	94
10	7832	7088	83	10	7918	7304	13

II. Bei dem Heinitz-Hochofen.

a. Mit rohem Kalkstein. Von Mitte Februar bis Ende April 1852.				b. Mit gebranntem Kalk. Im Januar bis Mitte Februar und im Mai 1852.			
Wochen-Zahl	Koks-Verbrauch	Roheisen-production		Wochen-Zahl	Koks-Verbrauch	Roheisen-production	
	Tonnen	Ctr.	Pfund		Tonnen	Ctr.	Pfund
1	790	710	46	1	710	699	90
2	806	811	30	2	688	682	92
3	774	728	32	3	604	655	6
4	654	597	9	4	766	632	95
5	666	570	82	5	768	683	44
6	752	640	57	6	666	617	33
7	728	628	88	7	710	701	53
8	690	642	76	8	756	700	31
9	720	670	11	9	756	754	78
10	710	613	83	10	748	644	50
10	7290	6614	14	10	7172	6772	72

[1] à $7^1/_9$ Cubikfuss = 0,219 Cubikmeter. — [2] Zollgewicht.

kes verwendeten kleinen Koks nur mit den Reinigungskosten in An- brachte, dass man bald von jeder weiteren Verfolgung absah.

Man hat auch in Oberschlesien von jener Zeit ab stets Kalksteine utzt, bis man bei der Aufnahme des Betriebes mit rohen Kohlen so-

wohl zu Antonienhütte als zu Gleiwitz gezwungen war, wieder zum gebrannten Kalke zurückzukehren, wenn man günstige Resultate erhalten wollte, was weiter unten näher erörtert werden wird.

In England hat sich, namentlich in Süd-Wales, auf einzelnen Werken die um Mitte des Jahrhunderts eingeführte Anwendung von gebranntem Kalk erhalten, indessen sind die Unterschiede meist nicht bedeutend und es wechselt, wie der Hüttenmeister Parry dem Verfasser mittheilt, die Anwendung oft gleichzeitig mit dem Betriebsbeamten. In Sirhowy-Eisenhütte ist namentlich fast ununterbrochen gebrannter Kalk angewendet worden, während in dem derselben Gesellschaft gehörigen Hüttenwerk Ebbw Vale stets wieder der Kalk durch Kalkstein ersetzt worden ist.

In Cyfartha pflegte man bei Anwendung heissen Windes Kalk, bei kaltem Winde Kalkstein anzuwenden.

Auf anderen Hütten, z. B. Russel-Hütte bei Dudley in Süd-Staffordshire, ist man vom gebrannten wieder zum rohen Kalkstein zurückgekehrt.

Ueber die Anwendung des gepulverten Kalkes im gebrannten Zustande oder des gelöschten Kalkes findet man weitere Angaben unter dem Abschnitt über die kieselhaltigen Zuschläge.

Analyse der Kalksteine [1]).

Für die Beschickung eines Hochofens braucht man den Kalkstein nicht auf alle seine etwaigen Bestandtheile zu prüfen, sondern nur auf seinen Gehalt an Kalkerde und Magnesia, Thonerde und Kieselsäure, Phosphor und Schwefel und zuweilen noch an Eisen zu untersuchen.

Man nimmt zuvörderst eine hinreichend grosse Durchschnittsprobe, aus der man dann die zur Analyse aufzuwendende Menge (circa 1 Gramm, wenn man nicht Phosphorsäure, circa 10 Gramm, wenn man letztere bestimmen will) aussondert. Die gepulverte Substanz wird bei 100° getrocknet und mit sehr verdünnter Salpetersäure digerirt. Dadurch werden die kohlensauren Salze nebst dem phosphorsauren Kalke gelöst, der Thon dagegen bleibt zurück. Letzterer wird abfiltrirt und nach dem Glühen für sich gewogen.

Ist keine Phosphorsäure zugegen, so verfährt man mit der zur Oxydation etwa vorhandenen Eisenoxyduls stark erhitzten Lösung wie folgt: Die (erkaltete) Lösung wird mit Ammoniak neutralisirt und der etwa entstandene Niederschlag von Eisenoxyd schnell abfiltrirt, geglüht und gewogen. Hierauf wird die Kalkerde durch oxalsaures Ammoniak gefällt und zu schnellem Absatz gelinde erwärmt, filtrirt, gewaschen, ge-

[1]) Es sind hier wie bei den Erzen nur die Verfahrungsweisen angegeben, welche ohne grosse Uebung und mit möglichst einfachen Mitteln auf einem Hüttenlaboratorium ausgeführt werden können. Behufs eingehender Analysen muss auch hier auf die Lehrbücher der analytischen Chemie verwiesen werden.

knet, geglüht, zur vollständigen Ueberführung in kohlensauren Kalk etwas kohlensaurem Ammoniak benetzt, nochmals gelinde geglüht als kohlensaure Kalkerde gewogen. Die kohlensaure Magnesia lt man durch Differenz oder findet sie, indem man die rückständige ung mit Salmiak und darauf mit caustischem Ammoniak vermischt die Magnesia durch phosphorsaures Natron als phosphorsaure Amiak-Magnesia fällt. Nach längerem Absetzen wird der Niederschlag trirt, mit ammoniakhaltigem Wasser (3 Thln. Wasser, 1 Thl. Ammo-) gewaschen, getrocknet, geglüht und in $2 MgO, PO_5$ oder $Mg_2P_2O_7$ 36,44 Proc. Magnesia verwandelt und gewogen.

Ist dagegen Phosphorsäure zugegen, so wird die digerirte (kohlen-efreie) Lösung mit Ammoniak versetzt, wodurch phosphorsaurer Kalk phosphorsaure Magnesia gefällt werden. Von dem abgesetzten Nieschlage wird die Flüssigkeit rasch abfiltrirt und der Niederschlag mit noniakhaltigem Wasser ausgewaschen. Die Flüssigkeit, welche die an lensäure gebunden gewesenen Erden enthält, wird wie vorhergehend egeben behandelt, der Niederschlag dagegen kann auf folgende beiden isen analysirt werden:

1. Man löst den Niederschlag in möglichst geringer Menge Salzre und fällt die Kalkerde durch (neutrales) oxalsaures Kali. Nachdem der Niederschlag bei gelinder Erwärmung abgesetzt hat, wird die e Flüssigkeit mit kohlensaurem Kali neutralisirt[1]) und nach hinreinder Ruhe filtrirt. Aus der abfiltrirten Lösung (der Phosphorsäure Magnesia) wird die Magnesia durch Ammoniak gefällt, abfiltrirt und oben behandelt. Aus dem freies Ammoniak enthaltenden Filtrat daen wird die Phosphorsäure durch schwefelsaure Magnesia gefällt und h dem Glühen als phosphorsaure Magnesia gewogen.

2. Man behandelt den Niederschlag mit verdünnter Schwefelsäure gere Zeit bei einer der Siedhitze naheliegenden Temperatur, dampft grössten Theil des Wassers ab und mischt mit dem doppelten Volu- absoluten Alkohols. Letzterer löst die Phosphorsäure auf. Man rirt und fällt aus der verdünnten Lösung, nachdem der Alkohol abgepft ist, die Phosphorsäure durch Ammoniak und schwefelsaure Magia wie vorher. Den Rückstand kann man erforderlichen Falls lösen auf Kalkerde und Magnesia untersuchen. Meist ist er indessen so ing, dass dies nicht nöthig ist.

Eine genaue und sorgfältige Bestimmung der Phosphorsäure ist von sser Wichtigkeit.

Zur Analyse des Thones (und Sandes), welcher bei der Behandlung Kalksteinpulvers mit verdünnter Salpetersäure zurückgeblieben war, iesst man denselben am besten durch Erhitzen mit concentrirter wefelsäure auf, dampft den grössten Theil der Säure ab und löst den kstand in erwärmter und concentrirter Salzsäure. Es bleibt Kiesel-

[1]) Damit der in der freigewordenen Oxalsäure gelöste Kalk noch gefällt werde.

säure verwandelte Schwefel. Zuweilen indessen schwimmt
[illegible] Schwefels auf der Lösung. Im ersten Falle wi
verdünnt, mit Chlorbarium gefällt, erwärmt, vom Fällung
und mit heissem Wasser ausgewaschen, filtrirt, (möglichst
geglüht und gewogen [1]). Im Falle sich dagegen bei der
fel abgeschieden hatte, filtrirt man und behandelt die Lösu
den Rückstand dagegen kocht man mit concentrirter Salzs
ligem Zusatz von Salpetersäure oder von chlorsaurem Kal
falls und fällt mit Chlorbarium, eine Methode, die auch gl
herein angewendet werden kann.

Behufs der Bestimmung eines grösseren Gehaltes an E
es sich, von der Wägung des bei der Analyse auf Kalk un
haltenen Eisenoxydes ganz abzusehen und eine besondere
steins bei Luftzutritt schwach zu glühen, um die etwa vorh
nischen Substanzen zu zerstören, dann das Pulver (zur Lösu
mal von den in verdünnten Säuren unlöslichen Rückstän
festgehaltenen Eisens) mit concentrirter Schwefelsäure aufzu
nach Abdampfung des grössten Theils der Säure und Lös
standes in concentrirter Salzsäure eine Titration nach Anle
schnittes 2, S. 466 der Abth. I. vorzunehmen. Zu diesem Z
man nach der Reduction durch Zink die freie Säure etwa
saurem Natron ab, verdünnt stark und fügt zur völlig kal
der Bürette Chamäleon hinzu.

Flussspath.

d schwefelsauren Kalk und schwefelsauren Baryt (Schwerspath) ver-
reinigt.

Der Flussspath wirkt, wie Bd. I, S. 46 erläutert, als Zuschlag in
hrfacher Weise: Erstens bildet er mit Silicaten leichtflüssige Verbin-
ngen, schmilzt ferner leicht mit schwefelsaurem Kalk (Gyps) und etwas
wieriger mit schwefelsaurem Baryt (Schwerspath) zusammen, und übt
llich durch seinen Calciumgehalt, indem sich Fluorsilicium verflüch-
und Kalk bildet, denselben Einfluss wie Kalkerde. 100 Gewthle.
sten 72 Gewthln. Kalkerde äquivalent sein, wenn alles Calcium in Kalk-
e verwandelt würde.

Obwohl nun zwar nach Berthier die bei anderen Processen zu
r Zersetzung des Fluorcalciums wesentliche Gegenwart von Schwefel-
re oder Wasserstoffgas nicht gerade nothwendig ist, wenn dem Calcium
Sauerstoff von Kieselsäure zu Gebote steht[1]), so wird doch die Bil-
g von Fluorcalcium beim Hochofenprocesse um so mehr eine unter-
rdnete Rolle spielen, als in den meisten Fällen die Kieselsäure hin-
hende Mengen von Basen zur Sättigung besitzt, und die Wirkung
Flussspaths wird sich wesentlich auf die beiden erstgenannten Wir-
gen beschränken[2]).

Die Eigenschaft, eine leichtflüssige Schlacke zu bilden, würde in
len Fällen den Flussspath zu einem sehr werthvollen Zuschlage beim
chofenbetriebe machen, wenn sein verhältnissmässig seltenes Vorkom-
n in grossen Mengen und hinreichend reiner (von Schwefelmetallen
ier) Beschaffenheit ihn nicht zu kostspielig machten. Man wendet ihn
her wesentlich nur in Nothfällen an und giebt ihn auch dann selten mit
Erzen in den dem jedesmaligen Falle entsprechenden Mengen auf,
dern bläst ihn in Pulverform durch die Düsen in den Hochofen ein.
türlich äussert er seine Wirksamkeit im letzten Falle nur in der Nähe
d unterhalb der Formen.

Analyse des Flussspaths.

Es genügt für die Beurtheilung des Flussspaths, dessen hinreichende
nheit von Schwefelmetallen etc. man leicht mit dem Auge beurtheilen
n, den Kalkgehalt zu bestimmen.

Man erhitzt zu diesem Zwecke die gepulverte Probe (circa 1 Gramm)
Platintiegel mit concentrirter Schwefelsäure und verdampft beinahe
zur Trockne. Der so erhaltene schwefelsaure Kalk wird in verdünn-
Salzsäure gelöst und die Lösung mit Ammoniak versetzt. Der Kalk
d dann durch oxalsaures Ammoniak gefällt und der abfiltrirte Nieder-
ag, wie bei der Analyse des Kalksteins angegeben, behandelt.

---

[1]) Bd. I, S. 47 — [2]) Daher haben auch die auf eine vollständige Zersetzung
Flussspaths gegründeten Berechnungen Mayrhofer's (Tunner's Jahrb. X, S.
keine Berechtigung und es werden ebenso wenig die übrigen Folgerungen
elben in Bezug auf Brennmaterialverbrauch zutreffen.

Kalk- und magnesiahaltige Gesteine.

Nur in seltenen Fällen ist man in Ermangelung eigentlicher steine oder Dolomite in der Lage, sich kalk- oder magnesiaärmer steine bedienen zu müssen, welche dann neben den genannten meist auch nicht unbedeutende Mengen von Kieselsäure und Thonerd Substanzen, die der beabsichtigten Wirkung entgegen wirken, entl

Zu solchen Gesteinen gehören namentlich diejenigen, welche mengtheile einen Kalkfeldspath (Labrador oder Anorthit) besitzen.

Unter diesen sind besonders hervorzuheben:

Gabbro, in der Hauptsache aus Labrador und Diallag (Aug stehend, von denen bald der eine, bald der andere Gemengtheil vor

Die beiden folgenden Analysen charakterisiren seine Zusa setzung:

	a.		b.	
Kieselsäure	49,14		49,73	
Thonerde	15,19		13,07	
Eisenoxyd	5,88		—	
Eisenoxydul	9,49		15,35	
Manganoxydul	0,05		—	
Kalkerde	10,50	17,14	10,24	17,01
Magnesia	6,64		6,77	
Kali	0,28		0,55	
Natron	2,26		3,23	
Wasser und Glühverlust	0,52		0,82	
Chlorkalium	0,11		—	
Fluorkalium	0,09		—	
Phosphorsäure	0,81		—	
Schwefel	Spur		—	
Specif. Gewicht	3,081		3,055	
Sauerstoffquotient [1])	0,658		0,606	

a. ist Gabbro aus dem Radauthal bei Harzburg, von Keibel anal b. Gabbro von Neurode in der Grafschaft Glatz, von vom Rath sirt [2]).

Hypersthenit, ein Gemenge von Labrador und Hypersthen vom Hunneberg bei Wenersborg in Schweden ist nach einer Analys Streng [3]) folgendermaassen zusammengesetzt:

[1]) D. h. Verhältniss des Sauerstoffs der Basen zu dem der Kieselsäure. ist Eisen und Mangan nur als Oxydul angenommen. — [2]) Conf. Roth: G analysen. 1861, S. 39. — [3]) Op. cit., S. 40.

Kieselsäure	50,58	
Thonerde	14,58	
Eisenoxydul	14,70	
Manganoxydul	0,04	
Kalkerde	10,89	17,77
Magnesia	6,88	
Kali	0,79	
Natron	2,85	
Wasser	1,40	
Specif. Gewicht	2,99	
Sauerstoffquotient	0,623	

ıbas (Grünstein), ein Gemenge von Labrador, Augit und Chlorit, on Kalkspathadern durchzogen oder mit Kalkspathnadeln ange- ılche ihn dann kalkreicher machen, als seiner Grundmasse ent- An ihn schliessen sich auch die Schalsteine als schieferige oder tgesteine an.

ı dem Diabas [1]) giebt folgende Analyse Kjerulfs ein Bild.

Kieselsäure	50,142
Thonerde	16,428
Eisenoxydul	12,793
Kalkerde	6,489
Magnesia	4,359
Kali	1,544
Natron	4,558
Wasser	2,400
Kohlensäure	0,362
Sauerstoffquotient	0,582

Schalsteine sind viel zu verschiedener Zusammensetzung, als dass ıige Analyse auch nur ein annäherndes Bild geben könnte. Es ist er nur eine an kohlensaurem Kalk besonders reiche Varietät mit- ein Schalstein aus dem Nassauischen und zwar aus der Gegend sbach, analysirt von Neubauer [2]).

ıs der Gegend von Christiania; Op. cit., S. 41. — [2]) Op. cit., S. 62.

Kieselsäure	17,576	
Thonerde	10,544	
Eisenoxyd	1,944	
Eisenoxydul	0,553	
Manganoxydoxydul	Spur	
Kalkerde	—	
Magnesia	1,170	
Kali	0,797	
Natron	1,258	
Kohlensaure Kalkerde	62,955	64,50
Kohlensaure Magnesia	1,075	
Kohlensaures Eisenoxydul	0,140	
Kohlensaures Manganoxydul	0,332	
Wasser	2,207	
Phosphorsäure	0,333	
Specif. Gewicht	2,726	

Zuweilen zeigen diese meist durch Zersetzung entstandenen G
nur noch geringe oder gar keinen Gehalt an Kohlensäure und
dann gewöhnlich unter dem Namen „Grüner Schiefer" zu den Tho
fern gerechnet.

Unter diese Kategorie mag wohl auch der Grünstein gehöre
welchem Mayrhofer [1]) mittheilt, dass er als Zuschlag beim Vert
zen von Spatheisensteinen auf einem Holzkohlenhochofen in Ungarn
wendet werde.

Derselbe enthält:

Kieselsäure	27,81
Thonerde	14,31
Magnesia	14,32
Manganoxydul	2,18
Eisenoxydul	25,63
Wasser	15,75
Sauerstoffquotient	0,88

Dolomit und Basalt, beides Gesteine, welche wesentlich aus
dor, Augit, Magnet- und Titaneisen zusammengesetzt sind und von
das erstere Gestein körnig, das letztere dicht ist. Als Beispiele d
sammensetzung mögen folgende zwei Analysen dienen:

[1]) Oesterr. Jahrb. X, S. 319.

	a.	b.
Kieselsäure	48,00	48,81
Thonerde	16,28	15,03
Eisenoxyd	—	3,76
Eisenoxydul	15,55	8,50
Kalkerde	9,50	7,85
Magnesia	3,85	8,09
Kali	2,01	1,12
Natron	2,01	3,42
Wasser und Verlust	2,80	2,12
Specif. Gewicht	2,75	—
Sauerstoffquotient	0,632	0,636

mit vom Meissner im Regierungsbezirk Cassel, untersucht von ›r [1]; b. Basalt, ebendaher, untersucht von Girard [2]).

den hauptsächlich Magnesia zuführenden Gesteinen ist endlich r Serpentin zu rechnen. So enthält z. B. der Serpentin von ɜ in der Grafschaft Glatz beinahe 30 Proc. Magnesia. Die fol-Analyse ist von vom Rath mitgetheilt [3]).

Kieselsäure	38,78
Thonerde	3,06
Eisenoxydul	12,77
Manganoxydoxydul	0,90
Kalkerde	4,51
Magnesia	29,96
Kali	0,29
Natron	0,11
Glühverlust	7,74
Specif. Gewicht	2,912
Sauerstoffquotient	0,75

ɪn ersieht aus den sämmtlichen mitgetheilten Analysen solcher Ge-dass mit Ausnahme derjenigen, welche, wie die Schalsteine, den Kalk hlensauren Kalk beigemengt enthalten, Kalkerde und Mag-ammt anderen basischen Bestandtheilen stets in Verbindungen selsäure bestehen und dass das Sauerstoffverhältniss der Basen zu ›selsäure immer zwischen Singulo- und Bisilicat schwankt. Es her ein solcher Zuschlag wesentlich das Schlackenmaterial ver-, ohne selbst, wenn die Bildung einer Bisilicatschlacke beabsich-'d, wesentlich zur Bindung von Kieselsäure beizutragen, während

p. cit., S. 41. — [2]) Op. cit., S. 46. — [3]) Op. cit., S. 56.



Metallurgen [1]) den Basalt z. B. zu den sauren (Kiesel
Zuschlägen.

2. Thonerde und Kieselsäure zuführende

Der Fall, dass es dem Erz an Thonerde, Kieselsäu
Bestandtheilen gleichzeitig fehle, ist weit seltener, als
Fall eines Mangels an Kalkerde.

Bauxit.

a. Für die Zuführung von Thonerde allein gi
wendbares Gestein, den Bauxit, welcher im Wesentlich
hydrat besteht. Das seltene Vorkommen dieses Geste
geringe Benutzung. Bis jetzt ist der Bauxit in grö
in Süd-Frankreich bei Baux unfern Avignon, sodann
Belfast bei Antrim in Irland, ferner in Krain (Wochei
und an den Abhängen der Alpenausläufer in Niederös
brien und am Senegal gefunden worden und soll auc
unfern Wien vorkommen.

Der Bauxit von Baux von rother Grundfarbe mit
welcher gangförmig in der Kreideformation auftritt, va
sammensetzung wie folgt [2]):

Thonerde . . 60 bis 75 Proc., selten bis

kohlenhochofen als Eisenerz verschmolzen, gab aber wegen seines hohen Thonerdegehaltes einen zu schwierigen Schmelzgang. Genaue Analysen desselben sind unter 12 a. b. und c. in Tabelle II. in der ersten Abtheilung der Eisenhüttenkunde S. 396 mitgetheilt.

Der Bauxit von Antrim, der lagerartig in einer Mulde im Basalte vorkommt, nimmt die Mitte zwischen Thonerde- und Eisenoxydhydrat (Brauneisenstein) ein und enthält im Durchschnitt 24 bis 37 Proc. Thonerde und 8 bis 10 Proc. Kieselsäure. Das Erz wird als Zuschlag auf Süd-Walesischen Hüttenwerken gebraucht. Genaue Analysen desselben sind unter Nr. 9 a. und 9 b. in Tabelle III, S. 291, sowie S. 309 und 310 in der ersten Abtheilung der Eisenhüttenkunde mitgetheilt.

Der Bauxit aus Wochein enthält im reinsten Zustande:

Thonerde	64,24	Proc.
Eisenoxyd	2,40	"
Kieselsäure	6,29	"
Kalkerde	0,35	"
Magnesia	0,38	"
Schwefelsäure	0,20	"
Phosphorsäure	0,46	"
Wasser	25,47	"

und Spuren von Titansäure, Manganoxyd, Kali, Natron und Lithion. Härte 2 bis 3. Specif. Gew. 2,551 [1]).

Die eisenreicheren Varietäten haben folgende Zusammensetzung:

	a.	b.
Thonerde	58,02	34,88
Eisenoxyd	8,80	40,62
Kieselsäure	6,30	5,30
Manganoxyd	Spur	Spur
Kalkerde	0,65	0,50
Magnesia	0,20	0,45
Schwefelsäure	0,49	0,11
Phosphorsäure	0,25	0,10
Wasser	25,20	17,75

a. hat eine schmutziggelbe Farbe, mergelartiges Ansehen, wurde von Eschka untersucht; b. ist rothbraun, von muscheligem Bruche, Härte 4 bis 5, specif. Gewicht 2,816, wurde von Lill analysirt (Oesterr. Jahrb. Bd. XV, S. 193).

Ein den Uebergang zum Brauneisenstein bildender Bauxit von Haus-

---

[1]) Vergl. Zeitschr. d. deutschen geologischen Gesellschaft 1866, Bd. XVIII, S. 181, und Oesterr. Jahrb. XVI., S. 59.

mannsstätten bei Pitten in Niederösterreich, von dunkelrother Farbe, zeigte nach einer Analyse von Zahrl (Oesterr. Jahrb. Bd. XVI, S. 262) folgende Zusammensetzung:

Thonerde	45,14
Eisenoxyd	32,61 (= 22,54 Eisen)
Kieselsäure	7,80
Manganoxyd	0,86
Kupfer	Spur
Kalkerde	2,05
Magnesia	0,32
Phosphorsäure	Spur
Schwefelsäure	Spur
Wasser	10,70

Endlich ist noch der Bauxit aus Wöllersdorf in Niederösterreich anzuführen, welcher von H. Sturm untersucht wurde und ergab:

Thonerde	52,2
Eisenoxyd	31,5
Kieselsäure	5,0
Kalkerde	Spur
Magnesia	Spur
Wasser	11,0

Thon.

Glücklicher Weise mangelt es meistens den Eisenerzen an Thonerde nicht allein, sondern wenn diese fehlt, gebricht es auch gleichzeitig an Kieselsäure. In diesem Falle hat man daher Zuschläge zu wählen, welche beide Substanzen gemeinschaftlich enthalten. Das sich hier am häufigsten darbietende Material ist der Thon, das Hydrat der kieselsauren Thonerde, in der Form von Thonschiefer, Schieferthon oder gemeinem Thon.

Die einzelnen Varietäten sind durch ihr Vorkommen und ihre Textur unterschieden. Thonschiefer nennt man die den krystallinischen Schiefern und den Sedimentgebirgen unterhalb der Steinkohlenperiode angehörigen, deutlich schieferigen Varietäten, Schieferthon die von der Steinkohlenformation an aufwärts gehenden jüngeren, meist weicheren und deutlicher geschichteten Varietäten, Thon endlich die jüngsten, nicht mehr schieferigen, sondern erdigen Gesteine. Gemengt ist das Hydrat der kieselsauren Thonerde vornehmlich mit mehr oder weniger grossen Mengen freier Kieselsäure (Quarz); es kommen darin ausserdem verschiedene Mineralien, wie Glimmer, Chlorit, Schwefelmetalle, namentlich Schwefelkies, so

uch oft kohlige Bestandtheile vor. Selten fehlen kohlensaurer Kalk, xyd und Alkalien.

ls ein Beispiel des echten älteren sogenannten Urthonschiefers möge te (a.) der beiden folgenden Analysen dienen, während die zweite rselben zeigen soll, wie durch Kalk- und Magnesiaaufnahme diese r sich oft den kalkhaltigen Gesteinen ähnlicher Art (den Grün- oder Schalsteinen) anschliessen:

	a.	b.
Kieselsäure	58,38	51,38
Thonerde	22,07	13,29
Eisenoxyd	—	15,44
Eisenoxydul	6,82	—
Manganoxydul	0,27	—
Kalkerde	0,24	8,94
Magnesia	3,61	6,61
Kali	3,85	1,05
Natron	2,11	3,99
Wasser	3,47	— [1]
Specif. Gewicht	2,640	2,923
Sauerstoffquotient	0,460	0,573

ist ein Schiefer von Eichgrün im sächsischen Voigtlande, von bläu- 'arbe, ausgezeichnet schieferiger Structur, analysirt von Carius[2]; in dichter grüner Schiefer von Molins in Graubündten, analysirt vom Rath.

er Schiefer b. ist weit basischer als der Schiefer a.; beide liegen s noch nahe an der Grenze eines Bisilicates.

n Schiefern der Uebergangsformation geben die folgenden Analy- Bild. (Siehe Tabelle auf Seite 568).

. 1 bis 7 zeigen kalkarme, Nr. 8 bis 10 kalkreiche Schiefer. Die ichen hier aufgeführten Gesteine werden in Wirklichkeit als Zu- benutzt.

. 1 bis 4 dienen auf den Eisenhütten zu Flachau (Steyermark) als g bei der Verhüttung kalkhaltiger Spatheisensteine. Sie sind von d Eschka analysirt und im Oesterreichischen Jahrbuch, Bd. XIV, eilt.

. 6 und 7 sind rohe Schiefer, welche zu Dienten neben Nr. 10 und ter Nr. 40 der Kalksteinanalysen mitgetheilten Gesteine als Zu- dienen. Nr. 6 enthält 26,77 Proc., Nr. 7 24,50 Proc., Nr. 10 'roc. Eisen. Sie sind von Lill, Sturm und Eschka 1862 ana-

---

as Wasser war vor der Analyse durch Glühen ausgetrieben. — [2]) Roth, nalysen, S. 53.

	1	2	3	4	5	6	7	8
Kieselsäure . .	63,79	71,85	57,95	41,20	66,60[2])	33,50	40,25	51,43
Thonerde . . .	19,00	2,20	8,72	9,54	15,66	12,77	8,81	2,15
Eisenoxyd . .	8,49	15,82	21,92	39,15	7,22	28,23	39,94	1,85
Eisenoxydul . .	—	5,13	3,20	0,64	—	—	—	—
Manganoxyd .	1,00	0,31	0,87	1,39	1,16	4,24	6,05	1,77
Kalkerde . . .	0,52	1,71	1,91	0,62	2,90	0,95	0,54	23,12
Magnesia . . .	1,04	0,78	1,44	4,89	0,83	0,26	0,28	Spur
Kohlensäure . .	—	1,65	1,85	—	5,63	—	—	18,50
Wasser	5,40	0,47 [1])	1,80 [1])	2,49 [1])		9,84	8,52	1,14 [1])
Schwefelsäure .	Spur	Spur	—	Spur	—	0,35	0,20	Spur
Phosphorsäure .	Spur	0,08	0,34	0,08	—	0,36	0,41	0,04
Kupfer	—	Spur	Spur	Spur	—	—	—	—

[1]) und Verlust. — [2]) und Sand. — [3]) Schwefel.

Nr. 1 ist rother Schiefer von Gastegau, mit 5,95 Proc. Eise
Schiefer von Buchstattötz mit 15,07 Proc. Eisen, Nr. 3 von Bran
mit 17,84 Proc. Eisen, Nr. 4 vom Halsergraben mit 27,91 Pro
Nr. 5 wird neben Nr. 9 und Nr. 36 der Kalksteinanalysen (S. 55
Hochofen zu Mariazell in Steyermark zugeschlagen. Die Analys
Lill 1859 ausgeführt und im Oesterreichischen Jahrbuch Bd. X
getheilt.

Die eigentlichen oder gemeinen Thone gehen durch Aufna
Eisenoxydhydrat in Lehm, durch Aufnahme von kohlensaurem
Mergel, durch Gehalt an kohligen Bestandtheilen und Schwef
Alaunerde über. Sie zeigen von den reinen Varietäten, welche a
feste Thone benutzt werden und deren Analysen im Bd. I, S. 215
mitgetheilt sind, unendlich viele Uebergänge in thonigen Braune
einerseits und Mergel (s. S. 564) andererseits, und gewinnen
Zuschläge besondere Bedeutung.

Thonerde- und kieselsäurehaltige Gesteine.

Wie bereits bei den kalk- und magnesiahaltigen Gesteine
559) angeführt, können diese wegen ihres Gehaltes an Thonerde
selsäure in gewissen Grenzen zu den unter die vorliegende Gru
rigen Zuschlägen gezählt werden. Während indessen schon j
zur Anwendung kommen, so bildet die Verwendung vorwiege
säure- und thonhaltender Gesteine, mit Ausnahme der vorher
Thonarten, einen höchst seltenen Fall, obwohl dieselben sehr

nen und die grösste Zahl der sogenannten krystallinischen Gesteine, Granit, Gneiss, Porphyr u. s. w., hierher gehört. Ist schon die Menge alkreichen Erze überhaupt nicht gross, so sind besonders solche nicht g, welche hinreichend grosse Mengen Kalk oder Magnesia enthalten, o kieselsäurereicher Zuschläge zu bedürfen, wie die grösste Zahl der in gehörigen Gesteine ist; denn der Sauerstoffquotient beim Granit und ss schwankt fast stets zwischen 0,2 und 0,3, sinkt beim Felsitporphyr uf 0,17 und steigt selbst bei den quarzarmen Porphyren selten bis 0,4. Es würde unter diesen Umständen überflüssig erscheinen, zahlreiche ysen mitzutheilen, und es muss für die einzelnen etwa vorkommenden von der jedesmaligen Untersuchung des betreffenden Gesteins seine endbarkeit abhängig gemacht werden [1]).

Vorbereitung der thonerdehaltigen Zuschläge.

Die Bauxite geben ihr Wasser leicht ab. Man pflegt sie daher ebennig zu rösten wie die meisten Brauneisensteine. Dagegen dient bei thonhaltigen Gesteinen, namentlich den eigentlichen Thonschiefern, Rösten neben dem Austreiben des Wassers oft zu nothwendiger Auferung und gleichzeitig zur Oxydation etwa vorhandener Schwefelle. Die Röstung geschieht wie bei den Eisenerzen theils in offenen en, in welche Brennmaterial eingeschichtet wird, theils in Stadeln, esten jedoch in eigentlichen Röstöfen. In manchen Fällen enthält Schieferthon Bitumen genug, um ohne Brennmaterial zu brennen. ch ein schwaches Brennen zur Lockerung der Schiefer vortheilhaft, rf doch die Temperatur nicht bis zur Sinterung, welche nur bei und kalkreichem Schiefer zu befürchten ist, gesteigert werden.

Sandstein.

Kieselsäure allein wird als Zuschlag nur ganz ausnahmsweise in von **Sandstein** angewendet, welcher im Wesentlichen aus Quarzrn besteht, die oft durch Hornstein, Thon, Kalk oder Mergel zusamekittet sind und mehr oder weniger Eisen, meist in Form von Eisenoder Eisenoxydhydrat, und nicht selten Beimengungen von Glaukörnern, Glimmer, Feldspath und anderen Mineralien enthalten.

Schlacke.

Die häufigste Form, in welcher die Kieselsäure zur Anwendung t, ist die der **Schlacke** vom Feinen des Eisens, vom Frischen des in Heerd- oder Flammöfen und vom Schweissprocesse. Zuweilen

---

[1]) Uebrigens giebt das oft citirte Werk von Dr. Roth: „Die Gesteinsanalysen", wohl für alle Fälle ausreichenden Anhaltspunkt. Schliesslich muss noch bewerden, dass das von Mayrhofer (im Oesterr. Jahrb. X, S. 317 u. 318) an-e, in viele andere Schriften mit übergegangene Beispiel von der Verwendung orphyrs als Zuschlag nicht der Wirklichkeit entnommen, sondern nur ideell ist.

bilden auch die von Rennprocessen (welche zum Theil vor Jahrhu
an denselben Stellen ausgeübt wurden, wo jetzt Hochöfen stehen) h
renden sogenannten „Alten Schlacken" ein geeignetes Material.

Alle diese Schlacken enthalten im Wesentlichen kieselsaures
oxydul, gemengt mit mehr oder weniger Eisenoxydoxydul, welche
tere zuweilen die Hauptmasse bildet. Oft ist in diesen Schlacke
ganoxydul enthalten, nicht selten Phosphor in bedeutender Meng
zuweilen Schwefel. Erden und Alkalien treten sehr zurück, Kupfer
nur hin und wieder und dann in äusserst geringer Menge vor.
eisenreichen Schlacken, in denen der Eisengehalt gewöhnlich zwisch
Grenzen von 45 bis 50 Proc. wechselt, aber auch bis über 60 Proc.
bilden für den Hochofenbetrieb einen werthvollen Zuschlag, wel
nach der Lage des Werkes, d. h. nach der Möglichkeit des Bezug
bis zu 15 und 20 Proc. der Beschickung, nicht selten auf mehr
Proc.[1]) steigt. In einzelnen Fällen bildet sogar diese Schlacke da
zige eisenhaltige Material für einen Hochofenbetrieb und vertritt da
Stelle der Erze[2]). Uebrigens ist zu bemerken, dass diese Schlack
mals ihres Kieselsäuregehaltes wegen, sondern stets nur ihres Eiseng
wegen angewendet werden, dass daher die kalk- und thonerdehaltig
schläge bei einem gleichzeitigen Schlackenzuschlage fast ausnahmsl
deutend erhöht werden müssen.

Während die Zusammensetzung der Rennschlacken bereits i
Abth. I, S. 542 mitgetheilt ist, wird auf die Zusammensetzung der
gen Schlacken an den Orten näher eingegangen werden, an denen
Entstehung besprochen wird, und es sollen hier nur vorläufig einige
spiele solcher Schlacken Platz finden, weil ihre Kenntniss zum Ver
niss des Folgenden nicht ganz umgangen werden kann.

Heerdfrischschlacken[3]).

a. Rohschlacken enthalten durchschnittlich:

Kieselsäure	30	Proc.
Eisenoxydul	60	„
der Manganoxydulgehalt steigt bis zu	6,7	„
„ Kalkerdegehalt „ „	3	„
„ Magnesiagehalt „ „	2,4	„
„ Thonerdegehalt „ „	7,4	„
Eisenoxyd kommt in diesen Schlacken selten vor, wird indessen angegeben bis zu	2,25	„
Kali ist, wo die Analyse darauf gerichtet war, meist zu etwa	0,25	„
gefunden worden.		
Phosphorsäure steigt bis zu	16,5	„

[1]) Z. B. in Oberschlesien und Süd-Wales. — [2]) Vergl. Abth. I, S. 279
z. B. zeitweise zu Witkowitz in Mähren, zu Store, zu Misling und Kreuz
Oesterreich. — [3]) Nach dem Original S. 619 u. 620.

Gaarschlacken [1]) enthalten neben Kieselsäure und Eisenoxydul
nmer Eisenoxyd, obwohl nicht bei allen Analysen darauf Rück-
nommen worden ist.

Der durchschnittliche Eisenoxydulgehalt ist			. 73,7	Proc.
Er schwankt zwischen			. . . . . 54 und 85,5	„
Der Kieselsäuregehalt schwankt von			. 5,6 bis 21,4	„
„ Manganoxydulgehalt steigt bis zu			 11,43	„
„ Kalkerdegehalt	„	„	 7,36	„
„ Magnesiagehalt	„	„	 3,5	„
„ Thonerdegehalt	„	„	 3,5	„
„ Eisenoxydgehalt	„	„	 16,18	„
„ Kaligehalt	„	„	 3,7	„
„ Natrongehalt	„	„	 0,57	„
„ Phosphorsäuregehalt	„	„	 4,70	„

infeuerschlacken [2]).
e zwei folgenden Analysen geben ein Bild dieser Schlacke:

Kieselsäure	25,77	33,33
Eisenoxydul	65,52	54,94
Manganoxydul	1,57	2,71
Thonerde	3,60	5,75
Kalk	0,45	1,91
Magnesia	1,28	0,50
Schwefel	0,23	—
Schwefeleisen	—	0,27
Phosphor	1,37	0,99
Kupfer	—	Spur

ddelschlacken [3]) (*Tap. cinder*), die vom ersten Theile des Pud-
sses fallen und das hauptsächlichste Material dieser Art für den
nbetrieb liefern, sind durchschnittlich in folgenden Grenzen zu-
gesetzt:

Kieselsäure	7,71	bis	29,60	
Eisenoxydul	48,43	„	66,32	(Eisengehalt 44,2 bis 58,26 Proc.)
Eisenoxyd	8,27	„	23,75	
Manganoxydul	0,57	„	6,17	
Thonerde	Spur	„	2,84	
Kalkerde	0,28	„	4,70	
Magnesia	0,24	„	0,42	

Schwefelgehalt steigt selten über 2 Proc. und erreicht nur in einzelnen
Proc. Phosphorsäure fehlt fast nie und steigt bis zu mehr als 8 Proc.
fer finden sich Spuren.

erden zwar gewöhnlich wieder beim Processe selbst zugeschlagen, finden
zuweilen als bedeutende Anhäufungen da, wo alte Eisenhämmer gestan-
n. — [2]) Original S. 627 — [3]) Original S. 668.

Schweissofenschlacken[1]) nähern sich meist einer der folgenden Zusammensetzungen:

Kieselsäure	28,71	34,00
Eisenoxydul	66,01	55,36
Eisenoxyd	—	8,49
Manganoxydul	0,19	—
Thonerde	2,47	—
Kalkerde	0,81	0,36
Magnesia	0,27	Spur
Schwefel	0,11	—
Phosphorsäure	1,22	—

Nicht selten besteht die Schweissofenschlacke im Wesentlichen aus Eisenoxydoxydul mit geringen Mengen kieselsauren Eisenoxyduls und geht allmälig in Hammerschlag[2]) über, so dass der Gehalt an Eisen dann bis zu 60 Proc. und darüber steigt. Derartige Schlacken werden übrigens sehr häufig beim Puddelbetriebe zugeschlagen und nur auf einzelnen Werken in ihrer ganzen Menge dem Hochofenbetriebe übergeben.

Die genannten Schlacken, namentlich die Renn- und Puddelofenschlacken, wurden früher allgemein als werthlos zur Halde gebracht oder zur Wegebesserung benutzt. Bereits im vorigen Jahrhundert indessen[3]) begann sich bei Einzelnen die bessere Erkenntniss Bahn zu brechen, dass mit dem Verluste dieser Schlacken ein bedeutender Eisenverlust verbunden sei, und seit den vierziger Jahren dieses Jahrhunderts wurde die Benutzung eine allgemeine.

John Dawes zu Bromford in Süd-Staffordshire war einer der Ersten, welche eine ausgedehnte Anwendung von diesem Materiale machten.

Man hat lange Zeit bedeutende Einwendungen gegen die Benutzung namentlich der Puddelschlacken von Seiten der Eisenabnehmer erhoben, weil man behauptete, dass das mit ihrer Anwendung erzeugte Roheisen bedeutend schlechter, als ein ohne den Zusatz der Schlacken erzeugtes sei. In vielen Fällen ist dieser Einwand nicht ganz unberechtigt, wenn nämlich durch die Schlacken Phosphor in das Roheisen gelangt. In anderen Fällen sind die Erze nicht weniger phosphorhaltig als die Schlacken, und dann wird das Eisen in dieser Hinsicht nicht verschlechtert. Wenn indessen die Schlacken, welche von der Verarbeitung eines Roheisens fallen, zu demselben Hochofen zurückgeführt werden, in welchem letzteres erzeugt wurde, so sammelt sich allmälig immer mehr Phosphor in de

---

1) Original S. 724. — 2) Vergl. Abth. I, S. 27. — 3) Dr. Priestley giebt an, dass sein Schwager Mr. Wilkinson mit Vortheil eine gewisse Menge Frischschlacke (*Finary cinder*) beim Hochofenbetriebe gebraucht habe. Er betrachtete sie als Eisen, welches um etwa $1/3$ seines Gewichtes durch aufgesaugtes Wasser vermehrt sei, trotz gleichzeitigen Verlustes seines eigenen Phlogistons. Experiments and Observations on different Kinds of Air. 3. p. 504. 1790.

schickung an und es verschlechtert sich das Eisen desselben Werkes von r zu Jahr. Man pflegt in einzelnen Gegenden das im Gegensatz zum rzeisen" (*Mine iron*), sogenannte „Schlackeneisen" (*Cinder iron*) in ntracten über Gegenstände von gewisser Tragfähigkeit auszuschliessen; ist freilich ohne sich über den eigentlichen Sachverhalt klar zu sein [1]).

Ein anderer Einwand wurde anfangs von den Hochöfenern selbst eren, welche behaupteten, die Reducirbarkeit der Schlacken sei so gering, s der Brennmaterialaufwand nicht dem durch das Mehrausbringen zu ngenden Vortheile entspreche, und ferner werde das Eisen auch durch ciumaufnahme verschlechtert.

Wie weit diese Behauptungen gegründet sind, wird das nächste Cael lehren. Im Allgemeinen lässt sich schon jetzt übersehen, dass die wendung von Schlacken bei thonerdereichen Erzen unter angemessenem kzuschlage am vortheilhaftesten sein werde und dass in jedem Falle gen der schwierigen Reducirbarkeit des kieselsauren Eisenoxyduls auf Bildung einer verhältnissmässig strengflüssigen Schlacke geachtet den müsse.

Vorbereitung der Schlacken.

Die Schlacken werden nur in einzelnen Fällen einer Vorbereitung rworfen, welche hauptsächlich in einem Saigerprocess besteht. Es ist its in der 1. Abth., S. 127 u. 128 die Theorie des dabei stattfinden- Vorganges erläutert worden. Wenn einige Metallurgen (z. B. Mayrer [2]) auf Grund eigener Erfahrung gegen diesen Process gesprochen en, so liegt das jedenfalls daran, dass sie entweder den eigentlichen ck desselben, die Entfernung des Phosphors, nicht richtig erkannt, oder eine hinreichend phosphorfreie Schlacke gehabt haben, bei der der zen des Processes zu gering war, um den dabei aufgewendeten Brennerialverbrauch und den durch die ausgesaigerte Schlacke entstehenden nverlust auszugleichen. Die Frage, ob es zweckmässig sei, eine zu wendende Schlacke zu rösten oder nicht, ist wesentlich nach dem Phosrgehalt derselben und dem Aufwand an Brennmaterial bei der Röstit zu beantworten. Stellt sich z. B. der Werth des Brennmaterials, ches für den Saigerprocess erforderlich ist, höher als die Differenz des ises, um welche das aus ungesaigerten Schlacken erzeugte, daher phosrreichere Roheisen billiger verkauft werden muss, so ist der Saigerpros nicht lohnend.

Nach der Angabe einiger Eisenhüttenleute, z. B. Blackwell's in Südffordshire, ist, abgesehen von der Verbesserung des Eisens, auch eine sparniss von Koks im Hochofen bis zum Betrage von 30 Proc. durch

---

[1]) Das zu Gleiwitz in Oberschlesien von dem königl. Hütteninspector Wiebr bei Schlackenzusatz erblasene weissstrahlige Roheisen erzielt meist die höchsten ise des ganzen Districts. — [2]) Vergl. Oesterr. Jahrb. X, S. 291.

eine Röstung der Schlacken zu erzielen. Es ist dies allerdings erkl
wenn man bedenkt, dass in der beim Rösten zurückbleibenden „D
schlacke“ das Eisenoxydul mehr oder weniger vollständig in Ei
umgewandelt und dabei an Stelle des dichten, glasigen Gefüges ei
röse, schwammige Structur getreten ist, welche die Schlacke den
renden Kohlenoxyde im Hochofen weit zugänglicher macht.

Die Röstung wird in Stadeln ausgeführt, welche Eisenstein
deln ähnlich, aber einfacher gebaut sind. Sie bestehen nämlich a
Wänden, deren eine durch eine Oeffnung unterbrochen ist, die, z
fahren des Materials und Abfahren der Producte bestimmt, beim I
lose mit Ziegeln versetzt wird. Die Mauern haben etwa 16 Cen
über dem Boden nur eine Reihe von Luftöffnungen. Die Füll
Stadeln geschieht mit Schlackenstücken, zwischen welche Stei
grus und ähnliche Brennmaterialabfälle gestreut werden. Die E
dung erfolgt durch die Luftlöcher und der Brand dauert mehrer
Es saigert eine phosphorreiche Schlacke aus, welche sich theils a
unterhalb der Luftlöcher sammelt, theils aus diesen ausfliesst.
Brennmaterial verbrannt, so muss der Process vollendet sein. Es
daher einiger Versuche, um erst das richtige Verhältniss zwischen
festzustellen. Auf einigen Werken in Süd-Staffordshire hat m
Stelle der Luftlöcher Rostfeuerungen angelegt und bedarf dann
weiteren Brennmaterials zwischen den Schlacken. Die Saigers
geht zur Halde, die Dörnerschlacke dagegen bildet das Zuschlagm
beim Hochofen.

Das Rösten der Schlacken wird in Süd-Staffordshire ga
gemein angewendet. Zu Königshütte in Oberschlesien haben d
treffenden Versuche zu keinem ökonomisch günstigen Resultate g
Namentlich machte bei hinreichender Aussaigerung das Ausräum
zusammengebackenen Dörnerschlacke grosse Kosten.

Wie bereits S. 533 und 534 erwähnt worden ist, hat man v
vorgeschlagen, die Schlacken bis etwa zu Hirsekorngrösse zu zerkl
und sie dann gemeinschaftlich mit Kohle in Kalkmilch zu binden
Zweck ist wesentlich der gewesen, durch die innige Berührung der
mit der Schlacke den Schwefel- und Phosphorgehalt der letzteren f
Hochofenbetrieb unschädlich zu machen.

Lang und Frey, welche die in Haufen getrocknete [1]) und er
Masse in Stücke brachen und dann ohne Erzzuschlag schmolzen [2])
ben durch die folgenden Analysen des erzeugten Roheisens die Wi
keit dieses Einflusses zu beweisen:

---

[1]) Es werden 25 Thle. gebrannter Kalk gelöscht, in den warmen B
65 Thle. pulverisirte Puddelschlacke und 10 Thle. pulverisirte Holzkohlenlös
gerührt. — [2]) Wagner, Jahresber. 1861, p. 34.

	I.	II.	III.	IV.
Eisen	94,03	95,32	96,88	94,50
Kohle	5,14	3,50	2,40	2,50
Silicium	0,40	0,62	0,50	2,46
Schwefel	Spuren	Spuren	Spuren	0,06
Phosphor	0,32	0,27	0,22	0,11
Mangan	—	—	Spuren	Spuren
	99,89	99,71	100,00	99,63

Nr. I. ist Spiegeleisen, II. Weissstrahliges Roheisen, III. Gemeines
ıes Roheisen und IV. Graues Roheisen.

Obwohl der im Spiegeleisen mangelnde Mangangehalt einigen Zwei-
n der Richtigkeit der Analysen lässt [1]), und obwohl die Wirksamkeit
Kalkmengung, wenn auch in Bezug auf den Schwefel wahrscheinlich,
ezug auf den Phosphorgehalt unwahrscheinlich ist, so hat doch das
ıhren entschieden den Vorzug, die Reduction der Schlacke zu erleich-
und die Erzeugung eines siliciumarmen Roheisens zu ermöglichen.

Es hat sich das Verfahren bei Holzkohlenöfen, z. B. in Storé und
ng, vollkommen bewährt, während es bei Kokshochöfen nirgends in
ndung gekommen zu sein scheint und auch bei letzteren in Folge
eichter eintretenden vollständigen Reduction, selbst schwieriger redu-
rer Substanzen, nicht erforderlich erscheint.

Es ist darauf hingewiesen worden, dass vor Lang und Frey schon
hier ein analoges Verfahren vorgeschlagen habe. Noch Andere,
Reichenbach, Calvert und Hinde [2]), sind denselben Weg ge-
en. Namentlich ist aber noch Mushet's zu gedenken, welcher
s 1822 ein Patent [3]) darauf nahm, gepochte oder anderweise zer-
rte Schlacken mit $^1/_5$ oder $^1/_6$ gelöschten Kalks zu mischen und
ıgefeuchtete Mischung in den Hochofen zu bringen.

1863 [4]) hielt Professor Fleury einen Vortrag im Franklin-Institute
ıiladelphia, in welchem er angab, dass es ihm gelungen sei, gutes
- und Schmiedeeisen sowohl als guten Gussstahl aus Puddel- und
eissofenschlacken herzustellen. Die fein gemahlene Schlacke wurde
ner entsprechenden Menge gebrannten (ungelöschten) Kalkes gemischt,
Vasser befeuchtet und an der Atmosphäre getrocknet. Das trockene
nge soll dann in einem Puddelofen wie Roheisen behandelt wor-
sein und dabei 50 Proc. Schmiedeeisen gegeben haben, welches

1) Vergl. Abth. I, S. 154. — 2) Vergl. Kerl, Metallurgie, Bd. III, S. 82.
A. D. 1822. Aug. 20, Nr. 4697; Abridgments, p. 26. — 4) 20. August. Journ.
Franklin-Institute, 3rd. ser. 46, Sept. 1863, p. 214.



dung einer eisenfreien Schlacl
Durch die Gegenwart v
Erze innig gemischt ist, wir
die Reduction von Silicium w
also siliciumfreier ausfallen.
Eine Bindung von Schw
statt, wie weiter unten ausgef
des Kalkes und der schwefelh
chender Beschickung günstig
Dass schliesslich aber de
sollte, entspricht nicht wissens
I, S. 91 und 93) gezeigt word
phosphorsaurem Kalke durch
Eisen in der Schmelzhitze red
Man würde indessen aus
fahren öfter, als es geschieht,
die Höhe der Kosten für Zerkl
meist die entsprechenden Vorth
Noch muss erwähnt werde
kleinten Frischschlacken mit eb
gemengt und dann verkokt h
Eisen gleichzeitig zu reduciren,
während die Vermuthung, dass
Schwefel- und Phosphorwasserst
erzeugt werden könne, auf ein
ruhte, da eine solche Wirkung i
gasfabrikation aus schwefelhalti

Es muss schliesslich bemerkt werden, dass nach Untersuchungen von
essor Mrázek in Přibram die in Abth. I, S. 128 ausgesprochene
nuthung, wonach ein beträchtlicher Theil des Phosphors in der (dem
ern unterworfenen) Rohschlacke als Phosphoreisen besteht, welches
olge seiner leichten Schmelzbarkeit bei der Erhitzung ausfliesst, sich
igstens nicht allgemein bestätigt. Mrázek kochte eine grössere
ie einer phosphorhaltigen Schlacke unter Luftabschluss mit concen-
er Salzsäure bis zur gänzlichen Zersetzung der Schlacke und leitete
entwickelten Dämpfe durch Chlorgoldlösung. Phosphoreisen hätte
er Phosphorsäure auch Phosphorwasserstoffgas und letzteres in der
llösung eine Fällung von metallischem Golde geben müssen [1].

Es ist hiermit zwar noch keineswegs bewiesen, dass der Phosphor in
Rohschlacken im oxydirten Zustande enthalten sei, ja, Analysen
mann's [2], welcher die Entwickelung von Phosphorwasserstoffgas
gewiesen hat, zeigen für andere Fälle das Gegentheil; indessen spricht
auch die Entstehungsweise der Schlacken mehr für phosphorsaures
noxydul als für Phosphoreisen, und mit der Leichtflüssigkeit des erste-
ist man ebenfalls im Stande, den Process der Saigerung zu erklären.

3. Hochofenschlacken als Zuschlag.

Es kann der Fall eintreten, dass die Gattirung von Eisenerzen allein
gemöllert mit den entsprechenden Zuschlägen das angemessene Ver-
niss zwischen Kalkerde, Kieselsäure und Thonerde zur Bildung einer
en Schlacke zeigt, dass aber die Gesammtmenge dieser Stoffe nicht aus-
ht oder, wie man in der Praxis zu sagen pflegt, der Hochofengang zu
r, d. h. zu schlackenarm wird. In diesem Falle kann man eine dem
hältniss der zu bildenden Schlacke entsprechende Menge aller drei
fe, oder, was denselben Erfolg haben muss, eine gewisse Menge der
dem Betriebe selbst erzeugten Schlacke von entsprechender Zusammen-
ung immer wieder zuschlagen und im Hochofen durchschmelzen.

Im Allgemeinen wird man selten in der Lage sein, zu einem solchen
tel zu greifen, denn abgesehen davon, dass so viel wie möglich die
schmelzung einer reichen Gattirung herbeigeführt werden muss, um
Brennmaterial zu sparen, wird in den meisten Fällen, in denen man
nit so reichen Erzen zu thun hat, dass die mit den nöthigen Zuschlä-
gebildete Schlackenmenge thatsächlich nicht ausreicht, um das her-
lertropfende Roheisen vor der entkohlenden Einwirkung der Wind-
me an den Formen zu schützen, oder mit anderen Worten nicht ge-
t, um die Bildung einer eisenhaltigen Schlacke mit zu niedrigem
melzpunkt, d. h. Rohgang, zu vermeiden, die Möglichkeit vorliegen,
Schlackenmenge durch Gattirung mit ärmeren Erzen zu vermehren,

---

[1] Oesterr. Jahrb. XVIII, S. 367. — [2] Preuss. Zeitschr. f. Berg-, Hütten- u.
-Wes. Bd. XVIII, S. 160 u. Poggendorff's Ann. Bd. 137, S. 136.



... vorhergehenden Kalksteinbru
vom eigenen Betriebe zugesetzt
sprach, obwohl dieselbe Schlacke

Es mag nun in der That di
sehr bald aber werden die Verhä
den grössten Nachtheil für den E
eines solchen Zusatzes nicht meh

Wenn nämlich die vorher e
so wird bei der Verschmelzung
einen nicht allzu grossen Uebersc
satz dieser Schlacke eine neue kies
Dies geht so lange ohne bedeute
Grenze des Bisilicates noch nicht
lich die Möglichkeit auf, weiter
vielfach in Folge eines schwachen R
schmelzige Schlacken erzeugt, wird
dadurch erleichtert, dass zuerst in
eisenfreie Schlacken gebildet wer
über die zulässige Grenze steigt.

4. Zuschläge, welche den ... wesentlich ve

Es ist bereits auf den Einflus
Mangan und Alkalien auf die Err
Magnesia auf Erhöhung des Schme
rung in dem Silicirungsgrade der
drei Hauptbestandtheile derselb...

r, Thoneisensteine oft, Brauneisensteine zuweilen, Rotheisensteine Magneteisensteine selten manganhaltig. In den beiden ersten Erzen das Mangan gewöhnlich als kohlensaures Manganoxydul, in den letz- als einfache Sauerstoffverbindung (Pyrolusit, Hausmannit etc.) auf.

Die eigentlichen Manganerze kommen verhältnissmässig zu selten nd sind der Regel nach wegen ihrer Brauchbarkeit zu anderen tech- en Zwecken (z. B. der Chlorerzeugung) zu kostspielig, um häufige endung beim Hochofenbetriebe zu finden. Nur zuweilen, z. B. in Eisenerzgebiete der Lahn [1]), kommen sie mit Eisenerzen auf benach- n Lagerstätten vor. Die wichtigsten Manganerze, welche man ge- lich unter dem gemeinschaftlichen Namen **Braunstein** begreift, folgende:

Mangansuperoxyd (MnO_2) oder **Pyrolusit**, kommt in grauen schwarzen Krystallen oder in strahligen Massen vor und enthält 63,6 Mangan.

Manganit, $Mn_2O_3 + HO$ oder $\left.\begin{matrix}H_2\\Mn\end{matrix}\right\}O_4$, kommt meist in dunkel- rauen, stängligen Aggregaten vor und enthält 89,9 Proc. Mangan- = 62,59 Proc. Mangan.

Hausmannit, MnO, Mn_2O_3 oder $\left.\begin{matrix}Mn\\Mn\end{matrix}\right\}O_4$, schwarz mit braunem , enthält 72,4 Proc. Mangan.

Braunit, $3\,Mn_2O_3, MnO + SiO_2$ oder $\left.\begin{matrix}Mn_3\\Mn\\Si\end{matrix}\right\}O_{12}$, schwarz mit schwar- trich, enthält 77,4 Proc. Mangan.

Am schwierigsten ist es, **Alkalien** in die Schlacke zu führen, wenn en nicht in den Erzen und gewöhnlichen Zuschlägen enthalten Fast alle thonhaltigen Erze und Zuschläge enthalten, wie die mit- lten Analysen darthun, zwar Alkalien in Quantitäten, welche selbst 2,1 Proc. steigen, die übrigen Erze und Zuschläge dagegen meist anz geringe Mengen, oft nur Spuren davon; in keinem Falle genügt kaligehalt um den Schmelzpunkt der Schlacke wesentlich zu ändern, mehr, als ein Theil vor den Formen verflüchtigt wird, wie bereits [2]) erörtert ist.

Diejenige Verbindung des Natrons, welche leicht und billig zu be- n wäre, nämlich Chlornatrium (Koch- und Steinsalz), ist ganz beim Hochofenbetrieb, wenn sie mit der übrigen Beschickung Gicht des Ofens gestürzt wird, weil eine Verflüchtigung eintritt, s Salz mit den übrigen Bestandtheilen zu einer Schlacke zusammen zen kann. Geringe Mengen werden allerdings mechanisch mit nie- issen und äussern auch einen schwachen Einfluss auf die Schlacke,

---

[1]) Vergl. Abth. I, S. 334 und 353. — [2]) S. 258.

aber dieser steht in keinem Verhältnisse zu dem Kostenpunl
daher B. Rogers zu Nant-y-Glo vorschlug, den Hochofenbet
haupt nur mit Chlornatrium als Zuschlag zu führen, so lie
Nutzlosigkeit dahin zielender Versuche voraussehen. Auf
Veranlassung, der auf den Zusatz von Chlorsalzen im Hochofe
Patent nahm [1]), wurden zu Ebbw-Vale in Süd-Wales Versuche
angestellt. Dieselben blieben natürlich ohne günstige Resulta

Dagegen gelingt es, eine alkalireiche Schlacke durch Ein
Kochsalz oder Soda durch die Formen zu erzeugen. Dies wir
strengflüssige Schlacke an irgend einer Stelle im unteren Theil
ofens Versetzungen hervorgerufen hat, durch einen jener A
wirkt, welche in Abth. I, S. 155 beschrieben sind. Der Hü
James des Eisenwerkbesitzers Levick hat diesen Apparat s
in Coalbrook-Vale angewendet. Hierbei kann man übrigens le
nen, ein wie grosser Theil des Alkalis verflüchtigt wird, denn
flamme färbt sich bei diesem Verfahren fast sofort intensiv gel

Die Anwendung der Alkalien in dieser letzten Form kann
gemäss stets nur auf Ausnahmefälle beschränken.

c. Einfluss der Zuschläge auf die Beschaffenh Roheisens.

Von dem Schmelzgrade der Schlacke ist wesentlich die A
eisens in Bezug auf die Höhe des Gehalts an Kohlenstoff u
dification, in welcher derselbe auftritt, abhängig; es ist m
Worten, wie sich dies bereits aus dem in der ersten Abth
Eisenhüttenk. S. 166 mitgetheilten Erfahrungen ergiebt, die B
grauem d. h. graphitischem, oder weissem Roheisen d. h. solche
den Kohlenstoff chemisch gebunden enthält, durch die Wahl de
bedingt. Nun hängt aber der Kohlenstoffgehalt ausser von
grade, bei welchen das Roheisen erzeugt wird, auch noch wese
Gehalte an anderen Stoffen ab, unter denen besonders Manga
Phosphor und Schwefel zu nennen sind. Diese vier Stoffe bed
im Uebrigen wichtige Unterschiede in der Qualität des Roheis
Mangangehalt wird man durchaus nöthig haben, wenn S
erzeugt werden soll (vergl. Abth. I, S. 155); einen Mangang
man ferner gern sehen für alle anderen Roheisensorten, welche
fabrikation benutzt werden sollen. Den Siliciumgehalt wi

[1]) A. D. 1851. Oct. 30. Nr. 13,793. Abridgements of Specification
the Manufacture of Iron and Steel, p. 111. Es wird darin der Gebrau
Chlorwasserstoffsäure, von Chloriden und unterchlorigsauren Salzen v
und deren Anwendung entweder im Hochofen oder beim vorhergehe
der Erze empfohlen. — Es sollte durch 6 Thle. Kochsalz auf 200 Thle.
Phosphor und Schwefel entfernt werden!

gemeinen in geringem Maasse wünschen und nur für gewisse Zwecke B. den Bessemerprocess) ohne Schaden ziemlich hoch steigen lassen. Schwefelgehalt wird unter allen Umständen vermieden werden ssen, ein Phosphorgehalt nur dann nicht ungern gesehen werden, n das Roheisen zur Fabrikation feiner Gusswaaren (Kunstguss, Gerr etc.) dienen soll.

Aus dem Vorhergehenden ergiebt sich, dass es im Allgemeinen ht schwer ist, den Schmelzgrad der Schlacke durch Veränderung der und Menge von Zuschlägen bedeutend zu variiren. Oft aber tritt natürliche Beschaffenheit der Erze hindernd ein. So ist es z. B. sehr ht, aus Erzen, welche magnesiareiche Gangarten haben, graues, aus hen, welche viel Mangan enthalten, weisses Roheisen zu erzeugen; Umgekehrte ist aber nicht nur schwierig, sondern auch meistentheils bst unökonomisch. Je ärmer an Eisen ein Erz ist, um so grössere dernisse bieten sich für eine Aenderung des Schmelzpunktes der ch die natürlichen Verhältnisse gegebenen Schlackenzusammensetzung. s ist auch der Grund, weshalb einzelne Metallurgen[1]) weniger Werth die Schlackenzusammensetzung als auf die Schlackenmenge legen. Schlackenmenge ist, wie bereits früher (S. 537) erwähnt, wichtig in zug auf den Brennmaterialverbrauch, hat aber nur bei gleichem Brennterialverbrauch wegen der verschiedenen durch sie gebundenen Wärmengen Einfluss auf die Hitze im Hochofen und deshalb auf die Qualität Roheisens.

Man kann daher wohl den Grundsatz aussprechen, dass eine bemmte Erzsorte bei möglichst ökonomischer Verhüttung immer nur für ne bestimmte Roheisensorte geeignet ist, dass es ein hüttenmännischer hler ist, aus Erzen, welche (z. B. wegen ihres Manganreichthums) r Weisseisendarstellung geeignet sind, die Erzeugung grauen Roheisens zwingen zu wollen und umgekehrt.

Mangan.

Von grosser Bedeutung für die Darstellung von Schmiedeisen und ahl ist, wie bereits öfters erwähnt, ein Mangangehalt des Roheisens. wohl es nun zwar nicht schwierig ist, wenigstens einen Theil des Manns aus den Erzen in das Roheisen überzuführen, wenn das erstere als hlensaures Oxydul vorkommt, so gelingt es doch nur schwierig, das angan aus anderen mit in den Erzen enthaltenen Verbindungen, und ch weniger aus manganhaltigen Zuschlägen[2]) zu reduciren. Dasselbe ht in den letzten Fällen vielmehr fast immer ganz oder grösstentheils die Schlacke über.

Daher ist es am leichtesten, aus manganreichen Spatheisensteinen d Sphärosideriten, selbst aus Brauneisenerzen, welche neben Eisenoxyd-

[1]) Z. B. Schinz, Docum. betr. den Hochofen, S. 91. — [2]) Siehe S. 576.

hydrat kohlensaures Eisen- und Manganoxydul enthalten, Spiegeleise zu erzeugen, während aus Roth- oder Brauneisensteinen, welche das Mangan als Mangansuperoxyd beigemengt enthalten, dies nur unter besonderen Vorsichtsmaassregeln gelingt.

Während es, wie dies ausführlich in der ersten Abtheilung S. 153 u. erörtert ist, keinem Zweifel unterliegt, dass Gegenwart von Mangan ein Grundbedingung für die Erzeugung von Spiegeleisen ist, so weichen doch die Ansichten sehr darüber ab, welche weiteren Bedingungen dazu gehören, um das Mangan als Metall in das Eisen, und nicht als Oxydul in die Schlacke zu führen.

Früher ging man allgemein von der Ansicht aus, dass gehörige Reinheit der Erze von Phosphor und Schwefel eine der wichtigsten dieser Bedingungen sei. Man glaubte deshalb auch Koks nicht zur Darstellung von Spiegeleisen verwerthen zu können. Die Praxis lehrte später, dass diese Ansicht falsch sei: Man erblies in Oberschlesien (zu Gleiwitz) aus phosphorhaltigen, aber manganreichen Erzen, Spiegeleisen und wendet jetzt im Siegener Lande an Stelle von Holzkohlen ohne Nachtheil Koks an.

Sodann ging man folgerichtiger dazu über, die Bedingungen in der Zusammensetzung der Schlacke zu suchen. Man stellte theils den Silicirungsgrad (die Spiegeleisenschlacken sind stets Singulosilicate), theils den Manganoxydulgehalt in den Vordergrund, und suchte die Wirksamkeit des letzteren entweder darin, dass er die Schlacke leichtflüssiger mache, oder darin, dass durch ihn die Kieselsäure hinreichend gesättigt werde, um ihre Reduction zu Silicium zu verhindern, oder endlich in der Eigenschaft, den Kohlenstoffgehalt des Roheisens vor Oxydation zu bewahren.

Die Ansichten der Autoren, welche sich mit diesem Gegenstande besonders beschäftigt haben, sind im Folgenden zusammengestellt:

Mayrhofer[1]) und Kerl[2]), machen die Erzeugung des Spiegeleisens wesentlich von der Leichtflüssigkeit der manganhaltigen Schlacke bei sonst reinen Erzen abhängig. Kerl sagt:

„Das Spiegeleisen entsteht beim Verschmelzen von schwefel- und phosphorfreien, durch einen Mangangehalt leichtflüssig gemachten, porösen Eisensteinen, namentlich Spatheisensteinen, und bei schwefelfreiem Brennmaterial (Holzkohlen) in einer nur so hohen Temperatur, dass sich das Eisen mit Kohle vollständig sättigen kann, und beim Durchgange des gekohlten Eisens durchs Gestell in Folge nicht zu hoher Temperatur keine Umwandlung in graues Eisen stattfindet. Dabei muss man den Satz so hoch führen (d. h. so viel Erz im Verhältniss zum Brennmaterial setzen), dass die Schmelzung erst in sehr geringer Höhe über der Form eintritt und dann vollständig stattfindet, weil bei einer schon früheren Schmelzung das Spiegeleisen längere Zeit einer entkohlenden Wirkung durch Kohlensäure ausgesetzt wäre. Bei einem Schwefel- oder

[1]) Oesterr. Jahrb. X, S. 385. — [2]) Metallurg. Hüttenk. III, S. 13 u. 52.

ıorgehalt der Eisensteine tritt keine vollständige Kohlung des Ei-
n, und es entstehen kohlenstoffärmere, weisse Roheisensorten.

. Trotz des oft bedeutenden Gehaltes der Beschickung an oxydir-
angan wird meist nur ein verhältnissmässig geringer Theil des-
im Gestell durch Kohle oder den Kohlenstoff des bereits gebilde-
heisens reducirt, weil das viel schwieriger als oxydirtes Eisen re-
ıre Manganoxydul meist in die Schlacken geht und diese leicht-
macht. Bei einem bedeutenden Ueberschuss an Manganoxydul in
schickung entstehen, wahrscheinlich durch frühere Schlackenbil-
ınd energischere Einwirkung des Manganoxyduls aufs Kohleneisen,
tell des Hochofens kohlenstoffärmere, weisse Roheisensorten, ohne
ır Mangangehalt wächst.

. Da sich graues Eisen aus strengflüssigerer Beschickung erzeugt
sses, so kann sich in ersterem kein merklicher Mangangehalt be-
wenn überhaupt graues Eisen entstehen soll, oder es muss dessen
üssig machende Wirkung bei manganreicheren Eisensteinen durch
ige von Kalk oder besser magnesiahaltigem Kalk aufgehoben
ı."

ordan[1]) kommt zu folgenden Erfordernissen für die Bildung von
leisen:

1. Die Schmelzbarkeit der schlackengebenden Bestandtheile darf
nig von derjenigen des Roheisens abweichen, denn wenn letzteres
als die Schlacke schmilzt, so würde es ungeschützt dem oxydiren-
lso entkohlenden Einflusse der Kohlensäure ausgesetzt sein und
öchst gekohltes Eisen entstehen. Da nun ein Mangangehalt des
ns dasselbe strengflüssiger macht, so erfolgt das Spiegeleisen beim
nelzen manganreicher Eisenerze, welche eine leichtflüssige Schlacke
deren Schmelzpunkt sich mit dem des manganhaltigen Roheisens
in Einklang bringen lässt. Die gewöhnlichen manganfreien Ei-
en sind leichtschmelziger, als die damit erzeugten manganfreien
ınd Thonerdeschlacken, und werden deshalb in nicht zu vermei-
Berührung mit Kohlensäure beim Herabtropfen theilweise entkohlt.

Der Punkt des Gestelles, wo Schmelztemperatur herrscht, darf
u hoch über dem Punkte des Temperaturmaximums, also nicht
er den Düsen liegen, einmal, weil sonst das Roheisen einen zu
mit Kohlensäure angefüllten Raum durchlaufen müsste, dann
s Spiegeleisen in der Düsengegend über seinen Schmelzpunkt er-
erden und dadurch unter Abscheidung von Graphit in graues
n übergehen würde.

Die Schlacke muss sich, namentlich bei Kokshochöfen, einem Sin-
ate[2]) möglichst nähern. Da aber Thonerde- und Kalk-Singulo-
hlacken in metallurgischen Feuern fast unschmelzbar sind (?), so

erg- u. hüttenm. Ztg. 1865, S. 102. — [2]) Eine Bedingung, welche schon
gger (Berg- und hüttenm. Ztg. 1864, S. 336) aufgestellt hatte.

muss zu ihrer Schmelzbarkeit eine gewisse Menge Manganoxydul hi zukommen. Der Kalkzuschlag muss beträchtlich sein, auch übt Magn einen günstigen Einfluss aus.

4. Die Eisensteine müssen möglichst schwefel- und phosphorfrei s

5. Zur Beförderung der Kohlung und zur Beschleunigung d Schmelzens zieht man verhältnissmässig geräumige Gestelle kleinen u stark zusammengezogenen vor.

„Alle diese Bedingungen, fügt Jordan hinzu, sind leichter bei K als bei Holzkohlenhochöfen zu erfüllen; in ersteren geht die Bild von Spiegeleisen gleichmässiger und sicherer vor sich. In den Siegener Holzkohlenöfen konnte man z. B. nur in Folge des hohen gangehaltes der Spatheisensteine Spiegeleisen erzeugen, indem Porosität im gerösteten Zustande die Reduction des Mangans erl terte und die Kohlung des Eisens und Mangans begünstigte. Der Mangangehalt im Erze liess die Entstehung einer manganreichen Sch zu und bei deren wenig oxydirender Eigenschaft auch die eines ganreichen Roheisens. Man musste eine sehr manganreiche Schlacke zeugen, damit sie, ohne merkliche Mengen oxydirten Eisens zu enth hinreichend flüssig wurde.

Seit man aber (im Siegener Lande) Kalkstein als Flussmittel schlägt[1]), mit welcher Zeit die Anwendung erhitzter Luft und stär Gebläse zusammenfällt, hat sich der Mangangehalt der Schlacken mindert und ist von 30 Proc. auf 10 Proc. herabgegangen.

Eine Steigerung des Mangangehaltes erreicht man durch Erhöh der Pressung und Temperatur des Windes, Vermehrung des Kalk- Magnesiagehaltes der Schlacken und Anwendung von Erzen, welche am leichtesten reducirbare Manganoxyd enthalten. Spatheisensteine geeigneter, als manganreiche Brauneisensteine[2]). Zu Charlottenhütte man beobachtet, dass bei Wind von 300° Spiegeleisen mit 8 bis Proc. Mangan, bei Wind von 100° nur solches mit 3 bis 4 Proc. fiel.

Man darf indessen nicht glauben, dass man den Mangangehalt Beschickung bis ins Unendliche vermehren kann; bei schwachem Geh daran geht alles Mangan ins Roheisen; bei einem Ueberschuss an dirtem Mangan theilt es sich fast gleichmässig zwischen Roheisen Schlacke bis zu einer gewissen Grenze, über welche hinaus alles üb schüssige Mangan in die Schlacke geht. Diese wirkt dann mehr kohlend und der Ofen nimmt einen kälteren Gang an, welcher die P duction von Spiegeleisen nicht zulässt."

Zu den angegebenen Gründen für die Ueberführung des Man ins Roheisen, und zwar in bestimmten Verhältnissen, wird nun von deren die Reduction desselben aus der bereits gebildeten Schlacke hin gefügt:

---

[1]) Statt wie früher Thonschiefer. — [2]) Nach Tunner (Bericht über die Lo doner Industrieausstellung 1862) nimmt der Mangangehalt im Roheisen mi Menge der im rohen d. h. ungerösteten Zustande verschmolzenen Eisensteine zu

r. List stellt über den Grund der Bildung eines manganarmen bei manganreichen Erzen folgende Ansicht auf[1]): „Bei der Verg einer Beschickung von $^4/_7$ Siegener Spatheisenstein und $^3/_7$ 50 Proc. braunsteinhaltiger Brauneisensteine (zu Rüblinghausen bei erfolgte ein strengflüssiges weisses Eisen, mit 1,46 Proc. Siliund nur 3,80 Proc. Mangan. In der Reductionszone des Hochwird das Eisenoxyd völlig zu metallischem Eisen, das oxydirte n dagegen nur zu Oxydul reducirt. In der Kohlungszone nimmt m Gemenge von metallischem Eisen und Manganoxydul ersteres ig mehr und mehr Kohlenstoff auf, während letzteres unverändert In der Schmelzzone wird ein Theil Manganoxydul verschlackt, derer wirkt unter Bildung von metallischem Mangan entkohlend s gebildete Roheisen ein. Eine Nachkohlung kann bei der durch langangehalt leichtflüssig gewordenen Schlacke nicht stattfinden, unvollkommen gekohlte Eisen schnell aus der Schmelzzone in den gelangt."

emselben schliesst sich Schinz[2]) an, welcher annimmt, dass das s Roheisen übergehende Mangan erst aus der Schlacke reducirt „Da alle Manganoxyde, wie die Versuche bestätigten, in Kohlenas bei der Temperatur der Reductionszone nicht zu metallischem n, sondern bloss zu Manganoxydul reducirt würden, so müsse letzm Hochofen auch in die Schlacken übergehen und könne erst aus durch festen Kohlenstoff reducirt werden. Uebrigens erkläre sich ringe Menge von Silicium im Spiegeleisen dadurch, dass bei dem der Reduction vorhandenen Ueberschuss von Mangan, Kieselsäure mehr zur Reduction komme." Eine Bedingung für die Bildung von leisen ist nach demselben Autor die Möglichkeit einer hinreichend Kohlung, hervorgerufen durch entsprechend langes Verweilen der n wirksamem Contact mit Kohlenoxyd. Er giebt an, dass die Zeiährend welcher das Eisen den Kohlenstoff aufnimmt, oder die Zeiährend welcher das Erz der Reduction ausgesetzt ist, sich verhalr

Spiegeleisen	= 4,53
Graues Roheisen (Giesserei-Eisen) . .	= 2,75
Weisses Eisen (Affinir-Eisen)	= 1,00

lso das Spiegeleisen die längste Zeit zu seiner Kohlung bedürfe, as dasselbe sagen will, dass bei gleicher Zeit die die Kohlung enden Gase reicher an Kohlenoxyd sein müssen, wenn man Spien, als wenn man graues oder weisses Eisen erzeugen wolle.

nterwirft man nun diese Ansichten einer Kritik, so zeigt sich dass die Behauptung, ein Erz müsse phosphor- und schwefelfrei m Spiegeleisen erzeugen zu können, durch die Erfahrung wider-

[1]) Berg- und hüttenm. Ztg. 1860. S. 52. — [2]) Docum. betr. d. Hochofen, S. 96.



Mangangehalt der Erze nicht in die
oder theilweise in das Roheisen als

Es ist bereits darauf hingewiese
dung in den Erzen enthaltene Mang
als das in Form von Mangansuperox
Das rührt nicht etwa von dem Sauer
Reduction beginnt, sind alle Oxydatic
gewandelt — sondern von der sehr in
Eisens, in der es sich im ersten Fa
den Erzen befindet. Die Manganoxy
Oxyde des Eisens zu reduciren, aber
Schwierigkeit durch Kohlenoxyd in de
und zwar um so leichter, je vorwiegen
Hierfür liefert die Darstellung des so
kohlenstoffhaltigen Legirung von Eise
an Stelle von Spiegeleisen anwendet,
Mangan aus kieselsaurem Manganoxyd
nur äusserst schwierig zu reduciren.
Manganreduction aus dem bereits ver
treffend angesehen werden. Noch unw
dass aus einer manganhaltigen Schlacl
reducirt werde (wie List und Schinz
Abthl. I, S. 181 mitgetheilten Erfahru
gezeigt, wie Kiesesäure sogar aus dem
ein graues, siliciumhaltiges Roheisen bi
anführen, dass die Schlacke keine freie
eine Reduction von Manganoxydul

Silicium.

Die Umstände, unter denen Silicium beim Hochofenprocess in das Roheisen übergeht, sind bereits in der Abthl. I, S. 116 u. s. f. unter dem Capitel: Eisen und Silicium besprochen. Sie lauten zusammengefasst folgendermaassen:

1. Je höher die Temperatur, um so leichter wird Kieselsäure bei Gegenwart von Eisen und Kohlenstoff reducirt. Die Bedingungen der Bildung eines graphitreichen Eisens sind auch die gleichen für die Bildung eines siliciumreichen Roheisens. In der Praxis wirken daher Betrieb mit Koks, Anwendung reichlichen Brennmaterials im Verhältniss zu den Erzen (leichte Gichten) und heisser Wind auf die Bildung, Betrieb mit Holzkohlen, geringer Brennmaterialaufwand (schwere Gichten) und kalter Wind gegen die Bildung siliciumreichen Roheisens.

2. Je mehr Kieselsäure im freien Zustande über das Verhältniss der Bildung eines Singulosilicats mit Kalkerde und Thonerde hinaus vorhanden ist, um so leichter wird die überschiessende Kieselsäure reducirt. Manganhaltige Erze wirken durch den Uebergang des Manganoxyduls in die Schlacke auch bei der Beschickung auf eine höhere Silicirungsstufe gegen die Aufnahme von Silicium in das Roheisen.

3. Je inniger die Berührung des Eisens mit der Kieselsäure ist, um so leichter findet Reduction der letzten statt. Erze, welche innig mit Quarz gemengt sind (z. B. viele Rotheisensteine), sowie Schlacken, bei denen die Reduction des Eisenoxyduls Hand in Hand mit der der Kieselsäure geht, sind daher besonders geeignet zur Bildung eines siliciumreichen Roheisens, während kalk- und magnesiahaltige Eisensteine, welche kieselsäurehaltige Zuschläge erfordern, zur Bildung eines siliciumarmen Roheisens Veranlassung geben.

In der Praxis treten selten alle drei Fälle für oder gegen die Siliciumaufnahme zusammen, und je nach dem Vorwiegen der einen Kategorie gegen die andere wird der Siliciumgehalt des Roheisens wachsen oder fallen, oder es wird wenigstens besonderer Aufmerksamkeit und Vorsicht bedürfen, um das Gegentheil von dem durch die natürliche Beschaffenheit der Materialien bedingten Erfolge hervorzurufen. Im Allgemeinen kann man darauf rechnen, dass trotz einer Singulosilicatschlackenbildung quarzige Erze im Kokshochofen, welcher mit heissem Winde betrieben wird, ein siliciumreiches Roheisen liefern, wogegen umgekehrt trotz einer Bisilicatschlackenbildung bei kaltem Winde im Holzkohlenhochofen gewöhnlich siliciumarme Roheisensorten erhalten werden.

Schwefel.

Der **Schwefelgehalt**, welcher sich in den rohen Materialien findet, kann durch Rösten und Auslaugen der Erze und durch Aufbereitung



Schlacke, oder in das Roheisen, desse
grösserer Menge wesentlich ändert
Eisenhüttenmannes sein, den Ueber
möglichst zu befördern. Die wichtig
tung wirksam, und die bereits weite
finden

1. in einem bedeutenden Kalk
ger Silicirungsstufe;
2. in einem hohen Mangangeha
3. in einem Flussspathzuschlag.

Alle diese Hülfsmittel zusammen w
lich wesentlich dadurch, dass eine Dop
und Schwefelcalcium gebildet wird, w
übergeht[4]) und welche gleichzeitig die
Da manganhaltige Erze nicht immer z
ein zu theurer Zuschlag ist, so benutz
die Erhöhung des Kalkzuschlages zu
basischer Schlacken als Mittel, ein sch
Die Schlacken fallen dann steinig au
lung von Schwefelwasserstoff leicht an
grosse Menge von Schwefelcalcium[6]).

Parry giebt an, dass die bei der
zu Ebbw-Vale erzeugte Schlacke bis 8
nicht weniger als 2 Proc. Schwefel enth
wie das die Regel bei manganhaltige
gefunden zu haben, dass in jeder solch
Schwefel in beträchtlicher Menge

Silicium.

e Umstände, unter denen Silicium beim Hochofenprocess in das
en übergeht, sind bereits in der Abthl. I, S. 116 u. s. f. unter dem
: Eisen und Silicium besprochen. Sie lauten zusammengefasst
ermaassen:

Je höher die Temperatur, um so leichter wird Kieselsäure bei
vart von Eisen und Kohlenstoff reducirt. Die Bedingungen der
g eines graphitreichen Eisens sind auch die gleichen für die
g eines siliciumreichen Roheisens. In der Praxis wirken daher
mit Koks, Anwendung reichlichen Brennmaterials im Verhältniss
Erzen (leichte Gichten) und heisser Wind auf die Bildung, Be-
nit Holzkohlen, geringer Brennmaterialaufwand (schwere Gichten)
lter Wind gegen die Bildung siliciumreichen Roheisens.

Je mehr Kieselsäure im freien Zustande über das Verhältniss
ldung eines Singulosilicats mit Kalkerde und Thonerde hinaus
den ist, um so leichter wird die überschiessende Kieselsäure
t. Manganhaltige Erze wirken durch den Uebergang des Mangan-
s in die Schlacke auch bei der Beschickung auf eine höhere Sili-
stufe gegen die Aufnahme von Silicium in das Roheisen.

Je inniger die Berührung des Eisens mit der Kieselsäure ist, um
nter findet Reduction der letzten statt. Erze, welche innig mit
gemengt sind (z. B. viele Rotheisensteine), sowie Schlacken, bei
die Reduction des Eisenoxyduls Hand in Hand mit der der Kiesel-
geht, sind daher besonders geeignet zur Bildung eines silicium-
Roheisens, während kalk- und magnesiahaltige Eisensteine, welche
iurehaltige Zuschläge erfordern, zur Bildung eines siliciumarmen
ens Veranlassung geben.

der Praxis treten selten alle drei Fälle für oder gegen die Sili-
fnahme zusammen, und je nach dem Vorwiegen der einen Kategorie
die andere wird der Siliciumgehalt des Roheisens wachsen oder
oder es wird wenigstens besonderer Aufmerksamkeit und Vorsicht
n, um das Gegentheil von dem durch die natürliche Beschaffen-
r Materialien bedingten Erfolge hervorzurufen. Im Allgemeinen
nan darauf rechnen, dass trotz einer Singulosilicatschlackenbildung
ge Erze im Kokshochofen, welcher mit heissem Winde betrieben
in siliciumreiches Roheisen liefern, wogegen umgekehrt trotz einer
tschlackenbildung bei kaltem Winde im Holzkohlenhochofen ge-
ch siliciumarme Roheisensorten erhalten werden.

Schwefel.

er Schwefelgehalt, welcher sich in den rohen Materialien findet,
lurch Rösten und Auslaugen der Erze und durch Aufbereitung

31.6 Proc. Puddel- und Schweissofenschlacke,
34.6 „ geröstete Erze,
33.8 „ Kalkstein

wurden für je 100 Kil. Roheisen anfangs 2.7 Kil., später mehr [illegible] gegeben. Es zeigte sich an der Gicht ein deutlicher Chlorgeruch, die Schlacke wurde nur selten etwas leichtflüssiger und dabei [illegible] an Farbe als gewöhnlich.

Die Resultate hinsichtlich der Roheisenqualität waren sehr [illegible]. Bald schien das Roheisen besser, bald schlechter. Mayrhofer [illegible] ganz richtig, dass ein Erfolg von einem Kochsalzzuschlage nicht [illegible] warten sei, wenn nicht die grosse Flüchtigkeit des letzteren [illegible] würde, welche schon bei circa 600° eintritt, während eine Ver[illegible] mit der Schlacke erst bei 800 bis 900° stattfinden kann.

Er liess daher das Roheisen beim Abstich über Kochsalz [illegible] fand aber ebenso wenig Veränderungen des Roheisens, als [illegible] Braunsteinpulver, Soda oder Potasche anwendete. Eine wenn [illegible] ringe Einwirkung zeigte sich, wenn Kochsalz mit Braunstein gemischt wurde; doch wird nicht angegeben, worin diese W[illegible] bestand. B. Rogers zu Nant-y-Glo in Süd-Wales hat übrigens in den vierziger Jahren dieses Jahrhunderts das Kochsalz als [illegible] felnden Schlackenbildener für den Hochofen empfohlen [1]).

Noch ist zu erwähnen, dass man eine Reinigung des Roheisens [illegible] Hochofen durch Einwirkung von Elektricität, aber auch ohne [illegible] schen Erfolg, versucht hat.

Winkler [2]) schlug vor, auf diese Weise Schwefel, Phosphor [illegible] Silicium zu entfernen. Er wollte einen elektrischen Strom in das [illegible] sige Eisen leiten und sich als positiver Elektrode eines Eisen- [illegible] Manganerzes bedienen, welches Phosphor und Silicium oxydiren, dann verschlacken sollte, während Schwefel und Kohle in Gase ver[illegible] delt würden, als negativer Elektrode dagegen einer gereinigten [illegible] durch welche das Eisen immer mit Kohlenstoff gesättigt erhalten [illegible] den sollte.

Phosphor.

Phosphor geht in der ganzen Menge, in der er sich in den [illegible] terialien, sei es in Verbindung mit Eisen, sei es als Phosphorsäure [illegible] Verbindung mit Kalk oder Eisenoxyd, befindet, in das Roheisen über.

Weder Mangan (s. Abth. I, S. 180 u. 181), noch gar ein Sch[illegible] gehalt (wie Janoyer glaubt, Abth. I, S. 179), noch ein besonderes [illegible] hältniss der schlackenbildenden Bestandtheile, noch die Einwirkung [illegible] Flussspath oder Chloriden, vermögen diesen Uebergang zu hindern.

[1]) Vergl. S. 577. — [2]) Berg- und hüttenm. Ztg. 1862, S. 240.

Karsten's und Mayrhofer's[1]) Annahme soll sich nur die- sphorsäure zu Phosphor direct reduciren, welche im Erze an gebunden vorkommt, während die Phosphorsäure, welche z. B. ngarten oder Zuschlägen mit Kalk u. s. w. auftritt, in die eht, und aus dieser erst wieder zum Theil ins Roheisen zurück- rd, und zwar in um so reichlicherem Maasse, je längere Zeit höherer Temperatur dieselbe mit dem Roheisen in Berührung ist.

hl nun zugegeben werden muss, dass es eine Temperatur giebt, r die Phosphorsäure aus Erzen und Zuschlägen nicht reducirt end das Eisenoxyd bereits in metallisches Eisen übergeht, wie rgänge bei den Rennarbeiten beweisen[2]), so scheint doch dieser rgrad unterhalb derjenigen Grenze zu liegen, welche bei dem ien Hochofenbetriebe mit Koks vorkommt. Ob beim Holzkoh- nbetriebe zuweilen hinreichend niedrige Temperaturgrade auf- ıg dahin gestellt bleiben; jedenfalls gehört auch hier die Ab- eines Theils von Phosphor in der Schlacke zu den Ausnahmen. Kokshochofenbetrieb hat es daher auch gar keinen Einfluss hosphorgehalt des Roheisens, ob man mit heissem oder kaltem äst, mit schweren oder leichten Gichten beschickt[3]). Sehr eibt es in allen Fällen, ob sich Phosphor, selbst bei hinrei- drigen Temperaturen, überhaupt verschlacken lässt, ohne chlacke eine sogenannte Garschlacke ist, d. h. eine durch Auf- ı Eisenoxydoxydul basischer gewordene Singulosilicatschlacke. darf sich im Allgemeinen auf ältere Quellen hinsichtlich der von Phosphorgehalten wenig verlassen, da die Schwierigkeit mung kleiner Mengen desselben oft nicht hinreichend gewür- en ist.

ı Berthier hat festgestellt, dass die Schlacken vom Hochofen- hosphorfrei seien. Er untersuchte die Frage nach dem Grunde wohl synthetisch als analytisch und legte seine Resultate in alle Zeiten werthvollen Aufsatze[4]) nieder.

Percy's Untersuchungen und die Untersuchungen von Price, n und E. Riley bestätigen Berthier's Angabe in so weit, ie Gegenwart von Phosphorsäure in merklichen Mengen in der chlacke nur als eine Ausnahme feststellen, welche nur dann n scheint, wenn eine unvollkommene Reduction des Eisens statt-

nde Analysen zeigen dies:

---

err. Jahrb. X, S. 326. — [2]) Vergl. Abthl. I, S. 573. — [3]) Vergl. Ding- Journ. Bd. 114, S. 319, und 116, S. 207, sowie Berg- u. hüttenm. S. 296. — [4]) Sur les fontes phosphorées etc. Par M. T. Berthier, nes 1838. 3 s. 14. p. 113.

	I.	II.	III.	IV	V.	
Kieselsäure	42,06	41,11	37,84	40,04	34,96	4
Thonerde	13,05	13,45	13,20	12,69	16,66	1
Kalkerde	32,53	29,82	20,68	32,36	29,48	3
Magnesia	1,06	4,75	2,93	1,65	5,36	
Eisenoxydul	4,94	6,44	20,83	7,81	6,83	
Manganoxydul	2,26	0,66	0,80	1,12	0,99	
Alkalien	2,69	1,84	1,08	1,28	1,83	
Phosphorsäure	0,19	0,15	1,77	1,08	2,63	
Schwefelcalcium	1,03	1,34	0,87	1,38	1,45	
	99,81	99,56	100,00	99,41	100,19	10

Nr. I. Die Schlacke stammt von einem der Hochöfen auf der I Providence bei Marchienne, unweit Charleroi in Belgien.

Nr. II. u. III. Diese Analysen sind von Price und Nicholso gestellt. Die Schlacke fiel bei der Erzeugung von weissem Roh voraussichtlich bei Anwendung von roher Kohle und heissem Wind Süd-Wales. Die Schlacke Nr. II. glich im Aeusseren schwarzem schenglase und ist nach ihrer Leichtflüssigkeit als „frische" Schl (scouring cinder) zu bezeichnen; sie stammt von Thoneisenstein. Schlacke Nr. III. war ausserordentlich schwer, von pechschwarzer F mit einer Oberfläche, welche, wenn sie in Schlackenwagen in Form Blöcken erkaltete, ein mattes, dunkelrothes, bronzeartiges Ansehen ze Sie war eine charakteristisch schlechte Schlacke.

Nr. IV. u. V. Diese Analysen sind von Riley zu Dowlais gem Von Alkalien wurde nur Kali gefunden. Nr. IV. stammt von dem d gen neunten Hochofen, welcher mit heissem Winde und zu gleichen T len mit Erz von Northamptonshire und Feinschlacken betrieben wu Es war eine dunkelgrüne frische Schlacke. Nr. V. stammt zwar einem anderen der Hochöfen zu Dowlais, dessen Beschickung aber gleiche war. Sie zeigte schwarze Farbe.

Nr. VI. Diese Analyse ist von Hess in Liebig's Laboratorium macht. Die Schlacke war schwarz, obsidianartig [1]). Sie stammte einem Hochofen zu Friedrichsthal bei Freudenstadt in Würtemberg fiel bei der Verschmelzung von Rogeneisenerz und Brauneisenstein Kalksteinzuschlag und Holzkohle. In der Originalmittheilung ist Schwefel zu 0,91 Proc. besonders angegeben, hier aber der Uebe

[1]) Sie wurde von Leonhard (Hüttenerzeugnisse und andere auf künstl Wege gebildete Mineralien als Stützpunkte geologischer Hypothesen. Stu 1858. S. 175) als charakteristisches Beispiel angeführt.

…nung wegen als Schwefelcalcium berechnet; auch sind im Original …2 Proc. phosphorsaurer Kalk angegeben, welche hier zur Kalkerde zugerechnet wurden.

Aus den angegebenen Analysen ersieht man, dass unter sonst glei…n Verhältnissen die Menge der Phosphorsäure mit dem Gehalt an …en steigt. Daher fällt auch beim Eintritt von Rohgang meist eine …sphorhaltigere Schlacke und ein phosphorärmeres Roheisen, während … einem normalen Ofengange alle Phosphorsäure reducirt in das Roh…en geht [1]).

Aus diesem Verhalten erklärt es sich auch, warum aus denselben …sphorhaltigen Erzen beim Hochofenbetriebe ein phosphorhaltiges, beim …ckofenbetriebe dagegen ein phosphorfreies Product erfolgt, da im letz…en Falle stets eine sehr eisenreiche Schlacke fällt. Allerdings tritt …ch der Umstand hinzu, dass beim Stückofenbetriebe gleichzeitig die …mperatur viel niedriger als beim Hochofenprocesse und daher die Re…ction der Phosphorsäure erschwert ist.

In Nr. VI. der Analysen zeigt sich, dass bei geringerer Eisenmenge …osphorsäure und Mangan in viel reichlicherer Quantität vorhanden sind, … bei den übrigen Schlacken. Hieraus scheint zu folgen, dass Mangan, … Eisen, dahin wirkt, Phosphorsäure in die Schlacke zu führen; doch …gt noch nicht eine hinreichende Zahl von Untersuchungen vor, um dies … unumstösslich hinzustellen.

Nach Price und Nicholson ward alle Phosphorsäure reducirt, als …ze mit 2 bis 3 Proc. und Schlacken (Puddelrohschlacke) mit 8 bis 10 …oc. Phosphorsäure bei heissem Winde verschmolzen wurden, und die …sprechende Menge Phosphor ging in das Roheisen über. Graues Roh…en erhalten einerseits aus Rogeneisenstein, andererseits aus einer Be…ickung von Rohschlacke und Schieferthon, bei heissem Winde ent…lt nach Denselben 2,56 Proc. und 6,94 Proc. Phosphor. Die diese …eisensorten begleitenden Schlacken zeigten die folgende Zusammen…zung:

Kieselsäure	45,64	41,11
Thonerde	10,84	9,46
Kalk	35,01	37,90
Magnesia	3,16	2,11
Eisenoxydul	0,71	0,39
Manganoxydul	Spur	1,61
Schwefelcalcium	3,30	6,41
Alkalien	0,82	0,71
Phosphorsäure	Spur	Spur
	99,48	99,70
Das Roheisen enthielt an Phosphor	2,56	6,94

[1]) Beim Frischen phosphorhaltigen Roheisens stellt sich ein ähnliches Verhält… heraus. Es geht der Phosphor zu Phosphorsäure oxydirt in dem Maasse in



Roheisen bei kaltem Winde erblasen . .

„ „ heissem „ „ . .

Differenz . . .

Man muss indessen zugeben, da
überschreiten und dreimal auf 0,04
Beweis geben, zumal man bei der Sc
wohl einen analytischen Fehler von
um so mehr, wenn man, wie dies W
Mengen operirt.

Price und Nicholson unter
benen Untersuchungen eine zweite
erblasenen Roheisens von der Aberc
rial war Thoneisenstein, der Wind
waren:

Roheisen bei kaltem Winde erblasen

„ „ heissem „ „

Differe

klären zu lassen. Die Schlacken, welche den Eisensorten I, II, VI zugehörten, zeigten folgende Zusammensetzung:

	I.	II.	V.	VI.
Kieselsäure	39,95	40,20	41,64	42,94
Thonerde	17,41	16,45	13,20	16,29
Kalk	29,64	30,00	35,91	31,10
Magnesia	6,47	7,29	4,21	4,16
Eisenoxydul	0,24	0,57	0,11	0,34
Manganoxydul	0,91	0,84	0,74	0,51
Schwefelcalcium	3,60	2,71	2,19	2,16
Alkalien	1,46	1,30	1,70	1,87
Phosphorsäure	Spur	Spur	Spur	Spur
	99,68	99,36	99,70	99,37

e vorhandenen Spuren von Phosphorsäure konnten nur mit molyb-
rem Ammoniak entdeckt werden.
ernach darf man das bereits oben Angeführte als bestätigt an-
dass nämlich unter gewöhnlichen Umständen und bei garem
des Hochofens alle in den Materialien enthaltene Phosphorsäure
men reducirt und als Phosphor in das Roheisen übergeführt wird,
ültig ob mit kaltem oder heissem Winde geblasen wird, d. h. es
schon die im ersteren Falle bestehende Temperatur zur vollkom-
Reduction der Phosphorsäure.
uch Caron hat später diese Erfahrungen bestätigt. Er theilt
ate mit, welche sich darauf gründen, dass beim Verschmelzen von
orfreien Erzen mit Holzkohle unter Zuschlag von phosphorsaurem
und mit oder ohne Kieselsäure im kohlegefütterten Tiegel aller
or in das Eisen gehe, ohne die längst vor ihm in derselben Rich-
gestellten Versuche zu berücksichtigen.
r ausnahmsweise finden sich sehr phosphorsäurereiche Schlacken
hofens vor. Dahin gehört z. B. eine schaumige Schlacke (Ofen-
oder Garschaum), welcher auf der Concordia-Hütte bei Coblenz
nd von Hess in Liebig's Laboratorium analysirt worden ist[1]).
uct war bei der Verschmelzung von Rogen- und Brauneisen-
Holzkohle und Muschelkalkstein als Zuschlag gefallen und hatte
ctur wahrscheinlich durch Berührung mit Wasser erhalten.
mensetzung dieser Schlacke war folgende:



Es gilt unter den angeführter
die Regel, dass man für die Erz
stimmten Roheisens alle phospho
der Erzeugung von Roheisen zur
Auswahl treffen muss und nur
ohne Schaden einigermaassen pho
kann.

Der Phosphorgehalt der Brenn
gering, um von Einfluss zu sein, d
angegeben, oft von Bedeutung.

Der Phosphorgehalt kann nic
welche etwa im Stande sein könnter
zu geben, und welche in die Formen
stelles eingeblasen werden, entfernt
solche Verbindungen (Phosphorwasser
Temperaturen, welche in der Nähe
den könnten, würden sie sämmtlich
in höheren Zonen mit der durch
Kohlensäure oder den Eisenoxyden
würden von Neuem im Hochofen nie

Man hat daher vergeblich durch
kalium, Chlormagnesium, Chlorcalciu
Verbindungen mehrerer der genannt
Salzsäure oder Wasserdampf[1]) den
schläge unschädlich zu machen und
sen zu führen gesucht.

Könnten ...

len beimengen will. Diese Methoden gehören indessen nicht mehr dem Hochofenprocesse an, sondern schliessen sich an die unter dem Namen der Feinprocesse der Schmiedeeisen- und Stahlbereitung vorangehende Verfahren an.

Es möge hier nur Erwähnung finden, dass Henderson den Flussspath und die Eisenerze (Roth- oder gerösteten Spatheisenstein), welche er anwendet, durch ein Drahtsieb mit pp. 5850 Maschen per Quadratdecimeter siebt, sie innig und zwar zu 1 Gewthl. Flussspath mit 2 Thln. Erz mengt, das Gemenge in einer 0,6 bis 1 Centim. starken Schicht über den Boden der Gänzeformen streut und das Roheisen in der Menge darüber leitet, dass die Masseln 2,6 Cent. Dicke erhalten.

Nach den unten mitgetheilten Analysen wäre die Veränderung allerdings bedeutend, doch bedarf die Richtigkeit der Beobachtungen weiterer Bestätigungen, da es schwer glaublich ist, dass während der kurzen Zeit der Berührung eine so bedeutende Phosphorverschlackung stattfinden könne:

	Koksroheisen vom Hochofen	Raffinirtes Roheisen
Chemisch gebundener Kohlenstoff	0,2040	0,3613
Graphit	2,7685	2,5066
Silicium	2,3096	Nichts
Eingemengte Schlacke	0,3623	0,2983
Phosphor	0,4196	0,1029
Schwefel	0,1298	0,1296

Elektricität ist ebenso wie zur Reinigung des Roheisens von Schwefel, so auch zur Beseitigung des Phosphors, aber wie dort ohne, jedenfalls ohne ökonomischen, Erfolg versucht worden.

Metalle.

Kupfer. Kupfer kommt in Form von eingesprengtem Kupfererz viel in Eisensteinen vor und gelangt mit in den Hochofen, wenn es nicht durch Auslaugeprocesse [1]) entfernt worden ist. Es wird aus schwefelsauren Salzen zu Schwefelkupfer, aus kohlensauren Salzen und Oxyden zu metallischem Kupfer reducirt, verbindet sich aber auch im letzten Falle mit Schwefel, wenn solcher in anderen Bestandtheilen der Beschickung vorhanden ist. Das Schwefelkupfer vertheilt sich aufs Feinste in dem Roheisen, scheidet sich also nicht als Stein ab. Metallisches Kupfer geht, wenn es in geringen Mengen auftritt, ebenfalls in das Roheisen über; bei Gegenwart grösserer Mengen sondert es sich zum Theil regulinisch ab. Diese Verhältnisse sind in Abthl. I, S. 193 u. f. bereits ausführlich erörtert.

---

[1]) S. Seite 504.

Zink. Zink kommt in Erzen als Galmei (kohlensaures Zinkoxyd) oder als Blende (Schwefelzink) vor. Das Roheisen ist stets frei von Zink[1]. Das Zink wird zwar reducirt, sammelt sich aber nur in äusserst geringer Menge im metallischen Zustande in den Fugen der Raststeine u. s. w. an, wird vielmehr zum grössten Theile verflüchtigt, tritt beim Aufsteigen in Berührung mit Kohlensäure, welche es von Neuem oxydirt und gelangt als Oxyd in die oberen Ofentheile, in denen es sich als Gichtschwamm absetzt, oder aus denen es mit den Gichtgasen als Gichtstaub in die Gasleitungen fortgeführt wird[2].

Titan ist in einzelnen Erzen, namentlich in Magneteisensteinen[3], oft in nicht unbedeutenden Mengen vorhanden.

So sind z. B. Eisensteine aus dem südlichen Norwegen folgendermaassen zusammengesetzt[4]:

	1.	2.
Eisen	42,04	38,89
Sauerstoff	16,03	14,84
Manganoxydul	0,14	0,48
Thonerde	2,61	1,70
Kalkerde	2,11	3,55
Magnesia	1,88	3,98
Kieselsäure	19,90	28,10
Titansäure	15,10	7,10
Schwefel	0,19	0,59
Phosphor	—	0,77

Nro. 1 ist aus Krageröe, Nro. 2 aus Eger.

Ein Titangehalt macht die Erze so strengflüssig, dass ihre Verhüttung in Folge des hohen Brennmaterialaufwandes leicht unökonomisch wird. Bis zu 7 oder 8 Proc. hin erfolgt bei einer hinreichenden Schlackenmenge, welche bei metallreichen Erzen durch Zuschlag von Kieselsäure, Kalkerde und Thonerde erreicht werden muss, um nicht die titanhaltigen Schlacken vom eigenen Betriebe wieder in den Hochofen zu bringen, noch eine annähernd günstige Schmelzung. Das aus den obengenannten Erzen von Kragerö, welche mit titanfreien Magneteisensteinen gattirt und mit Quarz und Kalkstein beschickt wurden, erzeugte Roheisen enthielt nach Forbes[5]) 0,03 Proc. Titan, welches, wie der Berichterstatter glaubt, nur mechanisch beigemengt gewesen ist. Das Roheisen war frei von Phosphor und enthielt nur Spuren von Schwefel. Die Schlacken entwickelten beim Abstich grosse Blasen, welche nach mehreren Minuten zusammensanken und in dem noch flüssigen Schlackenstrom eine seichte Vertiefung an der Stelle zurückliessen, an welcher sie auf-

[1]) Vergl. Abthl. I, S. 202. — [2]) Vergl. S. 357. — [3]) Vergl. Abthl. I, S. 21[illegible]. — [4]) Vergl. Berg- u. hüttenm. Ztg. 1869, S. 102. — [5]) Loc. cit.

gen waren. Nach dem Erkalten zeigte die Schlacke eine 5 bis 6 n. starke glasartige, grünlich oder grünlichbraun gefärbte Rinde, selten mit krystallinischen braunen oder bräunlichgelben Krystall- n. Die dichteren Varietäten der titanhaltigen Schlacken waren blau bt.

Das Roheisen aus den Eger'schen Erzen (Nro. 2) eignete sich we- eines hohen Schwefel- und Phosphorgehaltes nicht zur Darstellung Stabeisen, sondern nur zu Giessereizwecken. Eine Probe enthielt Proc. metallisches Titan, was auffallend erscheint, da die Erze är- n Titan sind, als die von Kragerö. Uebrigens wird bemerkt, dass dieses Erz, für sich verschmolzen, zu strengflüssig sei und daher alls mit titanfreiem Magneteisenstein gattirt werden müsste.

Der Hochofen, in welchem diese Erze verschmolzen wurden, war Meter hoch, an der Gicht 1,52, im Kohlensack 2,13, im Gestell 0,61 weit. Man verbrauchte 3744 Pfund (1872 Kil.?) Fichten- und enkohlen per Tonne Roheisen. Der Wind hatte 260° C. Wärme. Wochenproduction betrug 16 Tonnen, das Ausbringen (aus der Gat- g?) 33 Proc.

Die titanhaltigen Magneteisensande [1]) von Neuseeland sind mehr Gegenstand der Speculation gewesen. Sie bestehen nach Hoch- er [2]) aus 88,45 Proc. Eisenoxydoxydul und 11,43 Titansäure. Ab- en von den Probeschmelzen, welche in England gemacht wurden, uf deren angebliche Resultate wenig Werth zu legen ist, da sie nur Unterstützung bei Gründung von Actienunternehmungen dienen n, sind auch nach Nachrichten englischer Blätter an Ort und Stelle elzöfen errichtet worden. Andere Titaneisensande sind in Nord- ka theils in Hochöfen, theils in Rennfeuern verarbeitet worden, die Resultate waren stets so ungünstig, dass überall die Verarbei- aufgegeben wurde, ja dass man sogar dazu übergegangen ist, durch ete aus dem Sande das reine Magneteisenerz auszuziehen [3]), um ein reies Erz für die Arbeit in den Rennfeuern zu erhalten.

Im Allgemeinen wird man daher die Verwendung titanhaltiger Erze rmeiden haben. Einen Vortheil hat man um so weniger von den- zu erwarten, als der grösste Theil des Titans verschlackt wird, nur eine sehr geringe Menge in das Roheisen übergeht, dieses selbst durch den Titangehalt keine besonders werthvolle Eigenschaften er-

Riley [4]), welcher im Roheisen bis 1,1 Proc. Titan nachwies, glaubt elben einen Einfluss auf die Roheisenerzeugung beimessen zu müs- nsofern das Titan zur Bildung von Cyan beitrage. Da indessen das gerade mit Cyan und Stickstoff verbunden in den bekannten n rothen Würfeln [5]) vorkommt, so würde es, wenn man dem Cyan

Vergl. Abthl. I, S. 217. — [2]) Vergl. Berggeist 1871, S. 166. — [3]) Berg- 871, S. 182. — [4]) Berg- und hüttenm. Ztg. 1864, S. 11 u. Abthl. I, Seite — [5]) Vergl. Abthl. I, S. 218.

überhaupt eine grössere Bedeutung im Hochofenprocesse beilegen w eher als schädlicher Bestandtheil zu nennen sein.

Bleierze sind eine häufige Beimengung der Eisensteine, namen der Brauneisensteine. Das Blei wird reducirt[2]) und sammelt sich w seines hohen specifischen Gewichtes unter dem Roheisen im Gestel Von hier gelangt es theils mit dem letzten Roheisen beim Abstich i Masseln, theils sickert es durch die absichtlich oder unabsichtlich e henden Fugen des Bodensteins in die unter demselben befindli Canäle, aus denen es abgezapft wird. Das Blei enthält den gesam Silbergehalt der Erze concentrirt und ist daher oft ein werthvolle duct. Ein Theil dieses Bleies wird, wenn es in Berührung mit kommt, in Glätte oder Mennige verwandelt.

Chrom ist nicht selten in geringen Mengen in Eisenerzen ent ten. Hayes[3]) wies das Chrom als Oxyd in vielen Eisenerzen, so Magnet- als Roth- und Brauneisensteinen, nach. Das Chrom geht, das Titan, zum grössten Theil in die Schlacke, und im Roheisen la sich gewöhnlich nur Spuren nachweisen, welche oft ebenfalls nur standtheile eingeschlossener Schlackenpartikelchen sein mögen. Schwerschmelzigkeit der chromreichen Schlacken übt, wie die der ti haltigen, insofern einen Einfluss auf die Erzeugung des Roheisens als es nur schwierig gelingt, ein gutes Product ohne einen übermä hohen Aufwand an Brennstoff zu erzeugen, während bei geringerem Br materialverbrauch das Eisen vor den Formen wieder einer Entkohl unterliegt und daher meist zu kohlenstoffarm ausfällt[4]).

Wolfram kommt nur selten in nennenswerther Menge in Ei erzen vor, muss daher, wenn es in den Hochofenprocess eingeführt den soll, als besonderer Zuschlag zugefügt werden und vermehrt durch bedeutend die Erzeugungskosten des Roheisens, ohne dem let ren einen entsprechend höheren Werth zu ertheilen. Uebrigens geht grösste Theil des zugesetzten Wolframs oxydirt in die Schlacke[5]).

In Witkowitz wurde Wolframerz im Hochofen mit aufgegeben, un versuchen, dadurch eine Reinigung des Eisens von Schwefel und Ph phor zu veranlassen[6]), aber es fehlte jeder Erfolg; man konnte weder der Schlacke, noch in der Art des Roheisens, noch im Schmelzgange gend eine Veränderung wahrnehmen.

Vanadin kommt zwar häufig in kleinen Mengen in Eisenerzen vo hat aber keinen wesentlichen Einfluss auf den Hochofenbetrieb.

Ueber den Einfluss anderer Stoffe, als der hier genannten, ist d Bekannte bereits in der ersten Abtheilung in dem Abschnitt über chemischen Eigenschaften des Eisens S. 17 bis 266 mitgetheilt worde

---

[1]) Vergl. Abthl. II, S. 258. — [2]) Vergl. Abthl. I, S. 222. — [3]) Vergl. Di Polyt. Journ. 1871. S. 170. — [4]) Vergl. Abthl. I, S. 251. — [5]) Vergl. auch A I, S. 254. — [6]) Vergl. Oesterr. Jahrb. X, S. 334. — [7]) Vergl. Erdm. Journ. f. p Chem. Bd. 91, S. 49.

d. Gattirung und Möllerung.

Berechnung.

Hat man sich nach den im Vorhergehenden aufgestellten Grundtzen für die Wahl der Zuschläge entschieden, so ist die Bestimmung r Menge lediglich das Resultat einer einfachen Rechnung, wie durch nige Beispiele gezeigt werden soll.

Am einfachsten ist die Bestimmung, wenn nur eine einzige Erzrte vorliegt. Vorausgesetzt, das Erz sei ein gerösteter Spatheisenstein d enthalte neben 68,4 Proc. Eisenoxydul

2,4 Proc.	Manganoxydul	mit 0,52 Thln. Sauerstoff	}	6,57 Sauerstoff
2,3 „	Kalkerde	„ 0,65 „ „		
8,1 „	Magnesia	„ 3,25 „ „		
4,6 „	Thonerde	„ 2,15 „ „		
14,2 „	Kieselsäure	„		7,40 „

fehlen zur Bildung eines Singulosilicats in den Basen 7,40 — 6,57 0,83 Sauerstoff; um diese durch Kalkerde zuzuführen, müsste man a letzterem $\frac{100 \,.\, 0,83}{28,53} = 2,9$ Thle., d. h. 5,1 Thle. oder Procente des zes an vollkommen reinem rohen Kalkstein anwenden.

Hat man nun aber einen solchen reinen Kalkstein nicht zu Gebote hen; besitzt der als Zuschlag anwendbare Kalkstein vielmehr neben Proc. Kohlensäure und Wasser nur:

48,0 Proc. Kalkerde	mit 13,64 Sauerstoff	}	16,25 Sauerstoff
gegen noch:			
6,2 Proc. Magnesia „	2,48 „		
0,3 „ Thonerde „	0,13 „		
0,5 „ Kieselsäure	. . . .		0,24 „

braucht zuerst dessen eigene Kieselsäure zur Bildung eines Singuloicates 0,24 Basensauerstoff. Es bleiben also in 100 Thln. Kalkstein ,01 Sauerstoff zur Sättigung der 0,83 Kieselsäuresauerstoff des Erzes rig. Mithin braucht man $\frac{100 \,.\, 0,83}{16,01} = 5,2$ Thle. oder Procente des zes als Zuschlag.

Ganz anders stellt sich das Verhältniss, wenn eine Bisilicatalacke gebildet werden soll. Dann brauchen die 6,57 Basensauerff des Erzes 13,14 Sauerstoff der Kieselsäure. Da aber nur 7,40 zugen sind, so müssen noch 5,74 Thle. zugeführt werden. Man will dies rch Thonschiefer erreichen. Der zu Gebote stehende enthalte neben ,9 Proc. Eisenoxyd,

1,1	Proc.	Manganoxydul	mit	0,24	Thln. Sauerstoff	8,71 Sauers
2,9	„	Kalkerde	„	0,82	„ „	
0,8	„	Magnesia	„	0,33	„ „	
15,7	„	Thonerde	„	7,32	„ „	
66,6	„	Kieselsäure				34,58 „

Die Basen verlangen zur Bildung eines Bisilicates 17,42 Thle. S stoff der Kieselsäure; mithin bleiben 17,16 Thle. für das Erz übrig braucht daher $\frac{100 \ . \ 5,74}{17,16} = 33$ Proc. vom Erze an Schieferzus Es ergiebt sich hieraus, dass hinsichtlich des Brennmaterialaufw das Erz weit günstiger unter Singulosilicatschlackenbildung versc zen werden kann.

Was nun das Verhältniss der Kalkerde (einschliesslich Mag zur Thonerde betrifft, so ist dies in beiden Fällen ziemlich versch Bei der Bildung einer Singulosilicatschlacke kommt

an Kalksauerstoff:

aus den Erzen . . . $(0,65 + 3,25) = 3,90$
„ „ Zuschlägen $\frac{(13,64 + 2,48) . 5,2}{100} = 0,83$ } 4,73 Gewthle. = 4,7

an Thonerdesauerstoff:

aus den Erzen . . . . $= 2,15$
„ „ Zuschlägen . . . . . . $\frac{0,13 \ . \ 5,2}{100} = 0,01$ } 2,16 Gewthle. = 0,7

das Atomverhältniss ist also = 6,5 : 1, d. h. es ist ein für normale hältnisse zu geringer Thonerdegehalt vorhanden und man würde d besser einen thonreicheren Kalkstein als Zuschlag wählen müssen, das Erz mit thonreicheren Erzen gattiren.

Bei der Bildung einer Bisilicatschlacke kommt

an Kalksauerstoff:

aus den Erzen . . . $(0,65 + 3,25) = 3,90$
„ „ Zuschlägen $\frac{(0,82 + 0,33) . 33}{100} = 0,38$ } 4,28 Gewthle. = 4.2

an Thonerdesauerstoff:

aus den Erzen . . . . $= 2,15$
„ „ Zuschlägen . . . . $\frac{(7,32 \ . \ 33)}{100} = 2,42$ } 4,57 Gewthle. = 1,5

das Atomverhältniss ist also = 2,8 : 1, d. h. ein normales.

Man sieht aus diesem Beispiele, dass, da es nicht genügt, nu den Silicirungsgrad zu achten, sondern auch die anderen Bestand des Erzes nicht aus dem Auge zu lassen sind, oft schon complicirte nungen entstehen können. Diese Complication nimmt zu, wenn ndere Stoffe ausser Eisen reducirt werden sollen. Will man z. F

dem angegebenen Eisenerze Spiegeleisen produciren, so muss das Manganoxydul, soweit es reducirt werden kann, dem Eisengehalte des Erzes, nicht den schlackenbildenden Bestandtheilen zugerechnet werden. Ebenso muss mit der zu Silicium zu reducirenden Kieselsäure verfahren werden.

Sobald es sich um die Gattirung mehrerer Erze handelt, ergiebt die Rechnung der Regel nach mehrfache Variationen, für deren eine man sich entscheiden muss. Man wird in diesem Falle die Gattirung selbst feststellen müssen, ehe man zur Wahl der Zuschläge schreitet. Selten ist der Hüttenmann in der Lage, sich den Eisengehalt zu bestimmen, welchen er der Gattirung geben will, und darnach die Erze kaufen oder fördern zu lassen; meistentheils wird ihm durch äussere Umstände das Verhältniss der verschiedenen Erze vorgeschrieben und dadurch der Eisengehalt der Möllerung gegeben sein. Die Lösung hierher gehöriger Aufgaben geben die Regeln der Mischungsrechnung.

Werden m Gewthle. Erze mit a Proc., n Gewthle. mit b Proc., o Gewthle. mit c Proc. Eisen u. s. w. angeliefert, so enthält die Mischung $m + n + o + \ldots = \frac{m \cdot a + n \cdot b + o \cdot c + \ldots}{100}$ Eisen, also 100 Gewthle. derselben $= \frac{m \cdot a + n \cdot b + o \cdot c + \ldots}{m + n + o + \ldots}$ Eisen.

Oder sollen mehrere Sorten Erze in einem solchen Verhältniss gemischt werden, dass die Gattirung d Proc. Eisen enthält, so sind in 100 Thln. Gattirung z. B. bei drei Erzen die Mengen $x + y + z = 100$ enthalten und bei den Procentgehalten a, b und c ist $ax + by + cz = 100 \cdot d$. Ersteres in letzterer Formel substituirt giebt: $a\,(100 - y - z) + by + cz = 100\,d$. Daher $100\,(d - a) = (b - a)\,y + (c - a)\,z$ und $y = \frac{100\,(d - a) - (c - a)\,z}{b - a}$ u. s. w. Es sei z. B. $a = 20$, $b = 35$, $c = 50$ Proc. Eisen und die so haltigen Erze sollen auf eine Mischung von $d = 30$ Proc. gattirt werden, so ist $y = \frac{1000 - 30\,z}{15} = 66{,}67 - 2\,z$ und $z = 33{,}33 - \frac{y}{2}$. Für y können nun beliebige Werthe eingesetzt werden, so weit die Resultate positiv bleiben, z. B. wenn

$$
\begin{array}{rcl}
y & = & 40{,}00, \text{ so ist} \\
z = 33{,}33 - 20 & = & 13{,}33 \\
x = 100 \quad - 53{,}33 & = & 46{,}67 \\
\hline
x + y + z & = & 100{,}00
\end{array}
$$

Durch Veränderung des eingesetzten Werthes von y kann man sich leicht an die Verhältnisse der angelieferten Erzmengen möglichst annähern.

Durch Rechnungen in der zuletzt angegebenen Art kommt man nicht ohne Weiteres dazu, gleichzeitig mit der Gattirung der Möllerung

	Art des Erzes, Zuschlages, Asche etc.	1 Gewic								
		Schlackengebende Bestandtheile						Eisen	Saue	
		Manganoxydul	Kalkerde	Magnesia	Thonerde	Kieselsäure	Zusammen an Schlacke		Manganoxydul	Kalkerd
		1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.
	Gerösteter Spatheisenstein	0,0233	0,0230	0,0814	0,0460	0,1425	0,3162	0,4300	0,0052	0,0065
	Roher armer Spatheisenstein	0,0252	0,2130	0,0124	0,0419	0,1450	0,4375	0,1772	0,0057	0,0606
	Eisenschüssiger Schiefer	0,0105	0,0290	0,0083	0,1566	0,6660	0,8704	0,0505	0,0024	0,0067
	Kalkstein	—	0,4797	0,0620	0,0028	0,0047	0,5492	0,0014	—	0,1364
	Eisenfrischschlacke . .	0,0310	—	—	0,0130	0,2140	0,2580	0,5500	0,0070	—

vortheilhaft vorzuarbeiten, während dies doch meist wichtiger ist, einen stets gleichbleibenden Eisengehalt zu erzielen.

Um die Rechnungen zu erleichtern, welche nöthig werden, w diese doppelte Beziehung bei einer grösseren Zahl verschiedenartiger E berücksichtigt werden soll, hat Mrázek[1]) eine sehr zweckmässige der Tabellirung vorgeschlagen, welche, im Folgenden noch vervollst digt, durch vier Rubriken für das Atomverhältniss zwischen Kalk (schliesslich Magnesia) und Thonerde für zum Theil dieselben Beisp mitgetheilt ist, welche oben für die Berechnung der Beschickung ei Erzsorte angegeben wurden. Die Tabelle hat den Vortheil, gleichze auch das Verhältniss zwischen Schlacke und Eisen darzustellen und nach ein Urtheil zu gestatten, ob etwa Hochofenschlacken oder ähnl Zuschläge erforderlich sind.

Die Tabelle ist folgendermaassen zusammengestellt: Rubrik 1 5 enthält die durch Analyse gefundenen Mengen der je 1 Gewicht heit der Erze, Zuschläge, Brennmaterialasche u. s. w. zusammensetze Substanzen mit Ausschluss der sich verflüchtigenden Bestandtheile des Eisens. Ebenso wie letzteres muss auch der Theil des Man und aller anderen Bestandtheile behandelt werden, welcher mit in Roheisen übergehen soll. Die Rubriken 6 und 7 zeigen das Verhältniss den schlackenbildenden Substanzen zu dem Eisen, welches in dem be

[1]) Oesterr. Jahrb. Bd. XVIII, S. 282 u. f.

...nden Bestandtheile der neben				Bedarf an Erz zur Einbringung von 1 Gewichtstheil Sauerstoff der neben				Es sind in einem Äquivalent			
...ngulosilicat		Bisilicat		Singulosilicat		Bisilicat		Singulosilicat, Atome		Bisilicat, Atome	
überschüssigen				überschüssigen							
...se	Säure	Base	Säure	Base	Säure	Base	Säure	Kalkerde u. Magnesia	Thonerde	Kalkerde u. Magnesia	Thonerde
4.	15.	16.	17.	18.	19.	20.	21.	22.	23.	24.	25.
—	0,0083	0,0287	—	—	120,48	34,84	—	4,698	0,863	1,358	0,249
...158	—	0,0534	—	63,29	—	18,73	—	4,164	0,413	1,232	0,122
—	0,2587	—	0,1716	—	3,86	—	5,83	0,044	0,094	0,067	0,142
...601	—	0,1613	—	6,25	—	6,20	—	1,007	0,002	0,999	0,002
—	0,1010	—	0,0879	—	9,90	—	11,40				

...Materiale enthalten ist. Die Rubriken 8 bis 13 geben die in den ...bis 5 aufgeführten Substanzen enthaltenen Sauerstoffmengen.
...s Verhältniss der Zahlen in Rubrik 12 und 13 giebt den Silici-...ad des Materials an. Die Rubriken 14 bis 17 sind hieraus durch ... Rechnung gefunden. Ist die Zahl der Rubrik 12 gleich der ...henden in Rubrik 13, so ist der Silicirungsgrad der eines Sin-...ats; ist die Zahl in Rubrik 12 gleich der Hälfte der in Rubrik ...at man ein Bisilicat. Was an diesen Verhältnissen an Basen-...eselsäuresauerstoff fehlt, ist in Rubrik 14 bis 17 angeführt, also ...im Erze No. I. ist die Zahl in der 15. Rubrik $0{,}0083 = 0{,}0740$ ...57 und die Zahl der 16. Rubrik $0{,}0287 = 0{,}0657 - \frac{0{,}0740}{2}$. ...hlich den Sauerstoff der Kieselsäure (Rubrik 13) als Bisilicat zu ... dazu gehört die Hälfte Basensauerstoff, d. h. $\frac{0{,}0740}{2}$ Thle., da aber ... Thle. vorhanden sind, so bleibt die Differenz als Basensauerstoff ... Zuschläge übrig.
...gemein lässt sich für alle Silicirungsstufen dies Verhältniss so ...ken: Ist B der gesammte Basensauerstoff (Rubrik 12), S der Kie-...sauerstoff (Rubrik 13), so ist der Silicirungsgrad $= \frac{S}{B}$. Wird das ...hende Verhältniss des zu bildenden Silicates $\frac{s}{b}$ genannt, so ist

der überschüssige Basensauerstoff $\beta = B - \frac{b}{s} S$ und der überschü Kieselsäuresauerstoff $\sigma = S - \frac{s}{b} B$. Für Singulosilicatbildung $b = s$, daher β (Rubrik 14) $= B - S$ und σ (Rubrik 15) $= S$ - für Bisilicatbildung $\frac{b}{s} = {}^1/_2$, daher β (Rubrik 16) $= B - \frac{S}{2}$ u (Rubrik 17) $= S - 2B$.

Bis hierher sind nur die Resultate der Untersuchung der Materi übersichtlich aufgeführt. Die folgenden Rubriken enthalten eine sichtliche Darstellung der Folgerungen, welche sich aus der Zusam setzung für die von einem jeden einzelnen Material mit Bezug auf bestimmten Silicirungsgrad der Beschickung anzuwendenden Menge geben. Zuvörderst sind in Rubrik 18 bis 21 auf Grund der Rubrik bis 17 die erforderlichen Mengen der Substanz auf die Einheit von Gewthl. Sauerstoff freier Basen oder Kieselsäure bezogen. Die W ergeben sich aus der Division der Einheit durch die entsprechenden len der Rubriken 14 bis 17; denn besitzt 1 Gewthl. Material β od Thle. überschüssigen Basen- oder Kieselsäure-Sauerstoff, so bringen $\frac{1}{\beta}$ $\frac{1}{\sigma}$ Gewthl. des Materials 1 Gewthl. überschüssigen Sauerstoff bei und derselben Silicatbildung in der Beschickung ein. Also z. B. bei Erze Nro. 1 sind für Singulosilicatbildung 0,0083 Thle. überschüs Kieselsäure-Sauerstoff vorhanden; dem gemäss wird in der 19. Ru $\frac{1}{\sigma} = \frac{1}{0,0083} = 120,48$ und $\frac{1}{\beta}$ in Rubrik 20 entsprechend dem ü schüssigen Basensauerstoff der Rubrik 16 bei Bisilicatbildung $= \frac{}{0,0}$ $= 34,84$.

Die so für verschiedene Materialien gefundenen Werthe derse Abtheilung, also der Rubriken 18 und 19 und der Rubriken 20 und können sich gegenseitig ersetzen. Je ein basisches Aequivalent g combinirt mit so vielen Säure-Aequivalenten, als der Silicirungsgrad giebt, eine diesem letzteren entsprechende Beschickung. Das Verh niss drückt die Formel aus:

$$\frac{1}{\beta} + \frac{s}{b} \cdot \frac{1}{\sigma} = \frac{s}{b}.$$

Die Richtigeit dieser Rechnung ergiebt sich sofort durch einen gleich mit den bereits früher erhaltenen Resultaten. Das Erz, wel Seite 597 u. f. als Beispiel gewählt wurde, ist ebenso zusammenge wie Nro. I der Tabelle Seite 601, dasselbe gilt von dem Kalkstein und dem Schiefer Nro. III.

Vorausgesetzt, es solle zuerst ein Singulosilicat gebildet werden: ›rik 14 und 15 zeigen an, dass Kieselsäure im Ueberschuss vor-den ist; es muss also ein basischer Zuschlag gegeben werden. Dies ft für Nro. IV zu. Um das verlangte Silicat zu bilden, in welchem = 1 ist, müssen nach Rubrik 18 und 19 : 120,48 Thle. Erz mit 6,25 n. Kalkstein beschickt werden, oder 100 Thle. Erz mit 5,2 Thln. Kalk-n, wie Seite 598 ebenfalls gefunden worden war.

Es soll sodann ein Bisilicat erzeugt werden. Rubrik 16 und 17 gen an, dass das Erz Nro. I hierfür überschüssigen Basensauerstoff halte. Man combinirt es daher mit dem sauren Zuschlagsschiefer -. III. Rubrik 20 und 21 belehren uns, dass bei dem Silicirungsgrade = 2 zu 34,84 Thln. Erz 2 × 5,83 Thle. Schiefer gehören, oder zu Thln. Erz 33 Thle. Schiefer, wie dies auch Seite 598 gefunden war.

Den grössten Werth erlangt diese tabellarische Gruppirung für tirungen mehrerer Erze; denn es mögen noch so viele Schmelzmate-ien, welche in Bezug auf einen bestimmten Silicirungsgrad der Be-ickung im Gegensatz zu einander stehen, nach ihren Aequivalenten einander combinirt werden, sie geben stets zusammen den entspre-nden Silicirungsgrad, wenn der Bedingung, dass die Anzahl basischer quivalente zu der Anzahl saurer sich wie $1 : \frac{s}{b}$ verhält, entsprochen rd.

Z. B.[1]) Aus der Combination der basischen Materialien, Rubrik 20:

1 Aequivalent	Nro. IV	= 6,20	Gewthle.
1 „	„ I	= 34,84	„
1 „	„ II	= 18,73	„
3 Aeq.		59,77	Gewthle.

den sauren, Rubrik 21:

2 Aequivalent	Nro. III	= 11,66	Gewthle.
4 „	„ V	= 45,60	„
6 Aequivalent		57,26	Gewthle.

eben sich 117,03 Gewthle. einer Bisilicatbeschickung. Ebenso entste- aus der Combination von den basischen Materialien, Rubrik 18:

1 Aequivalent	Nro. IV	= 6,25	Gewthle.
2 „	„ II	= 126,58	„
3 Aequivalent		132,83	Gewthle.

den sauren, Rubrik 19:

[1]) Loc. cit. S. 313.

$2^1/_2$ Aequivalent	Nro.	I	= 301,22	Gewthle.
$^1/_4$	„	„ III	= 0,96	„
$^1/_4$	„	„ V	= 2,48	„
3 Aequivalent			304,66	Gewthle.

437,49 Gewthle. einer Singulosilicatbeschickung.

Das Atomverhältniss der Kalkerde zur Thonerde lässt sich für Combination aus den Rubriken 22 bis 25 ermitteln.

Die hierin enthaltenen Zahlen sind folgendermaassen bered Ist a der Sauerstoffgehalt der Kalkerde (Rubrik 9), b der der Mag (Rubrik 10) und c der der Thonerde (Rubrik 11), so drückt ($a + b$ das Atomverhältniss aus. Für jedes Aequivalent einzubringenden l riales (Rubrik 18 bis 21) ist das Atomverhältniss das Product au Aequivalente und der entsprechenden Atomzahl, gleichgültig ob m mit einem basischen oder sauren Materiale zu thun hat.

So ist z. B. für die Singulosilicatbildung bei der Aequivale 120,48 der Nro. I das Atomverhältniss von Kalkerde zu Thonerd

$$= 120{,}48 \,.\, (0{,}0065 + 0{,}0325) : \frac{120{,}48 \,.\, 0{,}0215}{3} = 4{,}698 : 0{,}863.$$

Angewendet auf das erste Beispiel der Combination von Nro. Nro. IV ergiebt sich dann, dass der Kalk- und Magnesiagehalt de schickung sich zu dem Thonerdegehalt verhält = 4,698 + 1,007 : + 0,002 = 6,5 : 1. Das Resultat ist also dasselbe, wie das Seite erhaltene.

Dadurch, dass man neben dieser Tabelle nach dem Vorschlage zek's noch Nebentabellen aufstellt, in welcher Multipla der Aequivalen len ausgerechnet sind, erleichtert man die Benutzung für die Praxis weiter und überhebt sich der Zweifel, welche durch Rechenfehler stehen können. Eine weitere Vereinfachung erreicht man noch dad dass man in den Fällen, wo es sich um Silicirungsstufen handelt, w zwischen Singulosilicat und Bisilicat liegen, die Aequivalente auch das betreffende Verhältniss $\left(\frac{b}{s}\right)$ aufstellt.

Es ist selbstverständlich, dass die Menge der schlackengebe Substanzen stets auf das zum Hochofen gelangende Gewicht der rialien, also auf das sogenannte Nassgewicht zu beziehen ist.

Ebenso wie man diese Tabellen für die Aufstellung neuer schickungsentwürfe benutzt, kann man sie auch in Fällen verwe wo bereits vorhandene Beschickungsverhältnisse durch Zuschlag Erzsorten oder durch Uebergang von einem Silicirungsgrade in de deren geändert werden sollen.

In solchen Fällen kann man die bekannte Beschickung als ei es Material in die Tabelle aufnehmen und findet dann leicht, v

uen Materials zu wählen ist, um auf den gewünschten Silicirungs-
zu gelangen, oder ob es noch anderer Zuschläge bedarf, um dies
ı erreichen.

ehr bequem für den Ueberblick der Constitution einer Hochofen-
ke ist die Anwendung der neueren chemischen Formeln.

'ach diesen Formeln ist der Typus eines

$$\text{Singulosilicates} = H_4\,Si\,O_4 = H_{12}\,Si_3\,O_{12}$$
$$\text{Bisilicates} \ldots = H_2\,Si\,O_3 = H_{12}\,Si_6\,O_{18}$$

ı werden die 12 Atome Wasserstoff ersetzt durch je 6 Atome des
erthigen Calciums, Magnesiums, Mangans oder Eisens (die letzte-
s Oxydul) oder durch 2 Atome des sechswerthigen Aluminiums.
htlich des Verhältnisses zwischen Calcium und Aluminium müssen
lie Grenzen $Ca_4 : Al$ bis $Ca_3 : Al_2$ eingehalten sein, um eine nor-
Hochofenschlacke zu erzeugen. Während es indessen leicht ist,
ilfe dieser Formeln die Verhältnisse einer gegebenen Beschickung
troliren, ist doch der Entwurf einer neuen Beschickung wegen der
toffvertheilung umständlicher. Da im Uebrigen der Erfolg der
ungen ein gleicher ist, wird man für den letzten Fall in der Pra-
rläufig wohl besser thun, die ältere Berechnungsweise beizubehal-
Durch Hülfstafeln, die sich zu diesem Zwecke herstellen lassen,
zt indessen noch fehlen, würde aber auch unter Zugrundelegung
ueren Formeln sich eine einfache Rechnungsart begründen lassen.

ıktische Ausführung der Gattirung und Möllerung.

ie Bestandtheile der Gattirung und Möllerung werden in den durch
chnung gefundenen Verhältnissen in einem Raume, den man den
rboden nennt, lagenweis zu einem Haufen von 2 bis 4 Meter Höhe
ınder gestürzt. Jeder verticale Abstich enthält dann eine richtige
ets gleiche Zusammensetzung.

Ian führt über den Möllerboden Geleise fort, auf denen die Mate-
vom Lagerplatze angefahren werden. Nachdem sie auf die tiefer-
le Sohle ausgestürzt sind, werden sie mit rechenartigen Instru-
ı in überall gleichstarke Schichten ausgebreitet. Tiefer als der
boden liegen abermals Geleise, auf welchen die Gichtwagen lau-
Die letzteren haben eine bestimmte Grösse und werden von den
ern mit der Möllerung gefüllt. Sie werden dann auf eine im Ge-
ingeschaltete Brückenwage geschoben, wo, wenn das Gewicht zu
ist, etwas abgenommen wird, oder, wenn am Gewichte noch etwas
von einem vorräthigen Haufen eine Ausgleichung erfolgt.

'och sorgfältiger lässt sich die Beschickung regeln, wenn jede ein-
Sorte Erz oder Zuschlag für sich abgewogen wird; jedoch ist dies
i dem Betriebe von Hochöfen mit grossen Querschnitten ausführ-

bar, wo eine jede Gicht ein ansehnliches Gewicht hat. Diese l
hat übrigens den Vortheil vor der vorher geschilderten, dass sie
Möllerboden beansprucht, dagegen den Nachtheil, dass man den
wechselnden Feuchtigkeitsgehalt der Materialien nicht ausgleiche

Das Abwiegen der Beschickung sollte niemals versäumt
Es kann durch blosses Messen nicht ersetzt werden.

Die Brennmaterialien werden nicht mit der Möllerung gemi
sie im Hochofen getrennte Schichten bilden sollen. Man beför
direct vom Lagerplatze zum Hochofen, nachdem man die einer l
entsprechende Menge abgewogen hat.

Nur bisweilen liegt der Möllerboden in gleichem Niveau
Gicht des Hochofens, so dass man auf horizontaler Bahn die Gic
dorthin befördern kann. Es tritt dieser Fall natürlich nur bei
ein, welche sich an Bergabhängen befinden, wie dies die Regel
Werken in Süd-Wales ist.

Weit häufiger ist es nöthig, die Materialien von einer Sohle
meist mit der Hochofensohle zusammenfällt, auf das Gichtni
heben, und dieses geschieht durch die Gichtaufzüge.

e. Gichtaufzüge [1]).

Die Gichtaufzüge sind entweder vertical oder geneigt. In
Fällen wird der Gichtwagen [2]) entweder auf einer horizontalen
lage (Schale, Platform) in die Höhe gehoben oder mit dem h
Mechanismus in unmittelbare Verbindung gesetzt. Der Regel na
tet man den Mechanismus so ein, dass gleichzeitig mit dem Aufg
vollen Gefässes der Niedergang des entleerten stattfindet. Aufzü
che mit der Hand bewegt werden, können nur bei ganz kleine
gen Anwendung finden und unterscheiden sich dann nicht von
wöhnlichen Winden oder Handhaspeln.

Bei Weitem am häufigsten wird Schale oder Gichtwagen an
Seile befestigt, welches durch einen Motor auf eine Seiltrommel a
von dieser abgewickelt wird, je nachdem der Auf- oder Niedergan
finden soll. Man nennt diese Art der Hebung die Förderu
Seile. Der Motor ist bei diesen Gichtaufzügen meist eine
maschine oder ein Wasserrad.

Eine dritte Art der Aufzüge bewirkt die Förderung durch
ohne Ende (Paternosterwerke), welche sich continuirlich in d
Richtung bewegen.

---

[1]) Weisbach, Ingenieur- und Maschinen-Mechanik, Bd. III, S. 452; Hüttenwesensmaschine, S. 137. — [2]) Nur bei ganz kleinen Hochöfen för die Materialien zur Gicht in Holz- oder Eisenkästen ohne Räder, in ge Körben oder Schwingen und ähnlichen Vorrichtungen.

Eine vierte Art der Aufzüge bedient sich zum Aufziehen des vollen htwagens eines Uebergewichtes von Wasser, welches dem Gewichte leer niedergehenden Gefässes zugefügt wird. Man nennt sie Wastonnenaufzüge (Water-balances).

Hydraulische oder Wassersäulenaufzüge heissen diejenigen ›evorrichtungen, bei denen der Druck des Wassers zur Bewegung bezt wird. Wird die Bewegung von einer besondern Wassersäulenschine durch ein Seil auf die Schale übertragen, so gehört der hydrauhe Aufzug in die Kategorie der Förderung am Seile.

Endlich wendet man auch comprimirte Luft zum Heben an und nt derartige Vorrichtungen pneumatische Aufzüge.

1. Handhaspel.

Die Handhaspel erhalten einen Rundbaum, von welchem zwei Seile abhängen, deren eines sich aufwickelt, während das andere frei wird. erhalten eine Vorgelegewelle, an welcher zwei Kurbeln befestigt d. An dem 20 bis 30 Centim. starken Rundbaume sind zwei umgeirt geschnittene Sperrräder vorhanden, deren je eines ausser Thätigkeit etzt wird.

Die Kurbellänge beträgt 42 bis 47 Centim., die Höhe der Rundmaxe über dem Boden 99 bis 102 Centim. Bei einer Arbeitszeit von ctiv 8 Stunden ist die tägliche Leistung eines Mannes 183 600 Meterogr., die mittlere Geschwindigkeit 75 Centim. in der Secunde.

Bei Handhaspeln pflegt man stets Schalenförderung anzuwenden l die Materialien in Kästen oder Schwingen zu füllen.

2. Gichtaufzüge mit Förderung am Seile durch Dampfmaschine oder Wasserrad.

Die Gichtaufzüge mit Förderung am Seile, bei denen der Motor Dampfmaschine oder ein Wasserrad ist, sind der Regel nach vertiangeordnet, doch kommen auch nicht grade selten geneigte Ebevor. Sie haben stets zwei neben einander angeordnete Abtheilun, deren eine für den Aufgang des vollen, deren andere für den gleichigen Niedergang des leeren Gefässes dient.

Förderung auf geneigten Ebenen.

Geneigte Bahnen haben bei der Seilförderung den Vorzug, den Weg Verhältniss der Hypothenuse zu den beiden Katheten eines rechtligen Dreiecks abzukürzen. Der bedeutende Platz indessen, welchen

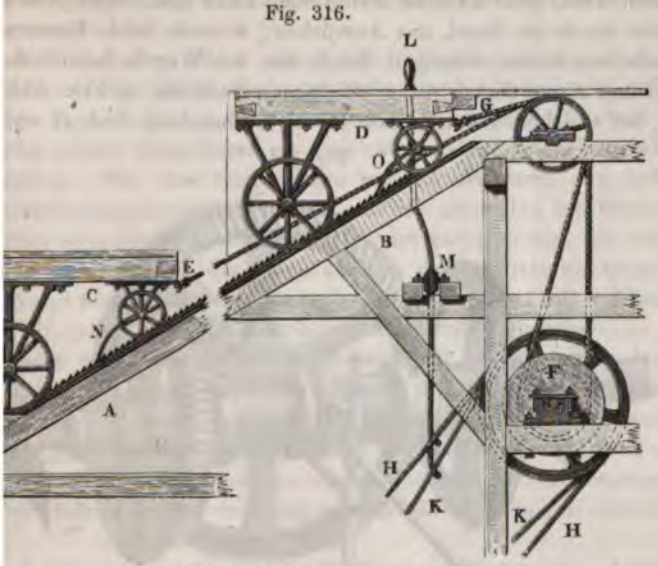
hergestellt. Von Wichtigkeit
gers an der Hochofengicht. E
werden; ist dies indessen nicht
nung des Gemäuers Rücksicht
wenigstens der oberste Theil d
ähnlicher Weise, wie bei grösse
in die Länge Rechnung getrag
einander laufende Geleise; inn
stange, in welche beim Aufgang
greift, der im Falle des Seilbr
den beiden Geleisen wird die T
für erforderlich angesehen wird.

Die Platform ist horizontal
chem die beiden Axen in einer
chenden verschiedenen Höhe bef
det an ihrem unteren Ende in di
an der Gicht des Hochofens, tief
Maasse, dass der Gichtwagen au
werden kann.

In Fig. 316 ist ein solcher
Auf den Schienenbahnen *A* und
paaren versehenen Wagen *C* un
EFG, welches um die Trommel
dass man zwei Seile hat, dere
sind. Die Trommel wird durch
links umgedreht. Durch den H
auf eine Losscheibe geschoben

30⁰ = 500 Kilogr. und die Arbeit $Ps = 500 \,.\, 20 = 10\,000$
ogr. Steigt der Wagen mit $v = 1{,}1$ Meter mittlerer Geschwindig-

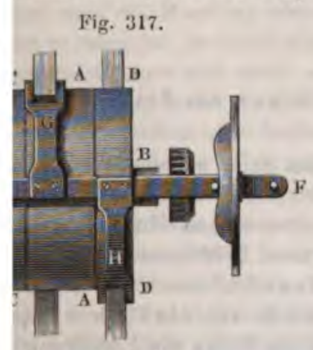
Fig. 316.



Seilförderung auf geneigter Ebene.

so ist die mittlere Leistung der Maschine pro Secunde $L =$
= 550 Meterkilogr., einschliesslich 15 Proc. Nebenhindernisse
1,15 = 632,5 Meterkilogr., d. h. circa $8\frac{1}{2}$ Pferdekraft. Die
s Aufganges ist $t = \frac{s}{v} = \frac{20}{1{,}1} = 18{,}1$ Secunden. Braucht man
- und Abschieben der Wagen 51,9 Secunden, so ist jedesmal ein Zeitaufwand von 70 Secunden erforderlich. Wenn nun ein grosser Hochofen täglich 500 000 Kilogr. Materialien braucht, so erfordern diese einen Zeitaufwand von $\frac{500\,000}{1000} =$ 500 Aufgängen, d. h. 500 . 70 Secunden oder gegen $9\frac{3}{4}$ Stunden. Der Gichtaufzug kann also bequem zwei solche Hochöfen versorgen.

Fig. 317.



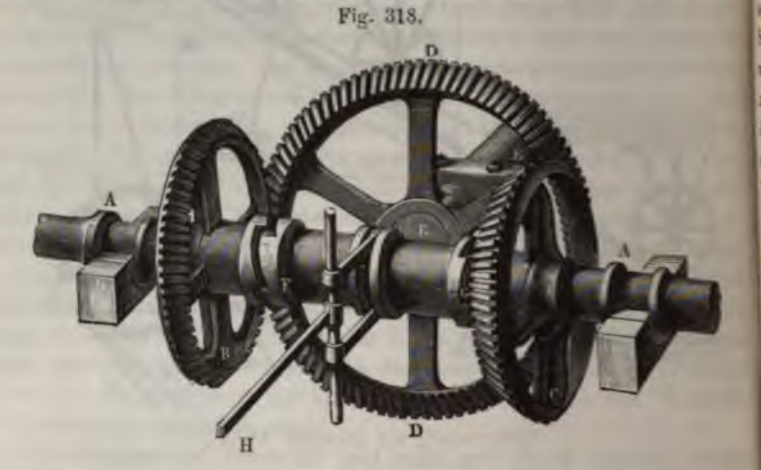
Riemen-Umkehrung.

Den Motor stellt man entweder unter die geneigte Bahn oder auf die derselben entgegengesetzte Seite der
. Derselbe ist fast immer eine Dampfmaschine. Theils benutzt
Umkehr der Seiltrommelbewegung die in Fig. 316 dargestellte
bertragung, welche in Fig. 317 in grösserem Maasse abgebildet

ist. Auf der Welle *BB* sitzen zwei lose Rollen *CC* und *DD*; je nachdem der gerade oder der gekreuzte Riemen auf die Festscheibe *AA* geschoben wird, geht dieselbe rechts oder links um. Das Einrücken geschieht durch die Hand, das Ausrücken, wonach beide Riemen auf den Losscheiben laufen, dagegen durch den am Wagen befindlichen Hebel.

Statt dieser Einrichtung wählt man auch die in Fig. 318 abgebildete, bei welcher das mit dem Motor verbundene Rad *D* entweder in

Fig. 318.



Getriebe-Umkehrung.

B oder in *C* eingreift oder endlich ganz frei läuft. Durch den Hebel *H* werden die Muffen *F* und *G* gekuppelt. In die mittlere Stellung der Ruhe wird der Hebel stets durch den Wagen selbst geschoben.

Nicht selten steuert man die, dann gewöhnlich mit Stephenson'scher Coulisse versehene, Maschine um, ändert also die Umdrehungsrichtung des Motors selbst.

Verticale Förderung am Seile.

Bei der verticalen Förderung am Seile müssen die beiden Schalen eine Führung erhalten. Diese wird ihnen entweder durch vier Leitbäume gegeben, an welchen die entsprechend eingeschnittenen Ecken der Schalen fortgleiten, oder durch zwei Leitbäume, welche in der Mitte zweier Seiten jeder Schale liegen. Zuweilen dienen vier straff gespannte Drahtseile oder Rundeisenstangen, welche von den Förderschalen umfasst werden, als Führung. Wo ungünstiges Klima die Förderung im Freien beschwerlich macht, umbaut man die Vorrichtung mit einem Gebäude, welches Gichtthurm genannt wird.

Man benutzt bei Anlage mehrerer Hochöfen gewöhnlich einen Gichtaufzug für je zwei Hochöfen und legt dann die beiden Abtheilun-

n (Trumme oder Trümmer) so, dass die Wagen nach den beiden chten zu ohne Wendung ausgefahren werden können. — Die Treppe gt entweder seitwärts von den Fördertrummen oder zieht sich um dielben herum.

Die Förderschalen setzen unten auf Bufferfedern auf, welche den oss mindern. Am oberen Ende des Gichtaufzuges befinden sich Knagn, welche beim Aufgange der Schale zurückgedrängt werden und dann lbstthätig wieder vorspringen, so dass sie ein Auflager für die ruhende hale bilden. Vor dem Niedergange müssen sie durch den Arbeiter eder zurückgezogen werden, wie dies weiter unten bei den Wasseraufgen näher angegeben werden wird. Es ist zweckmässig, die Auffahrfnung, und nothwendig, die Abziehöffnung durch Gitter zu verschliesn, wenn die Förderschale die entgegengesetzte Lage hat. Wird aus ersehen ein voller Wagen unten in das leere Trumm gefahren, so giebt es zu vielen Störungen Veranlassung, während das Einfahren des enterten Wagens oben in das offene Trumm die Zerstörung des niederllenden Wagens, welcher oft auch den Arbeiter mitreisst, beinahe unasbleiblich zur Folge hat. Selbstthätig, d. h. durch die auf- und abgeenden Schalen bewegte Gitterverschlüsse sind am empfehlenswerthesten, eil sie die Sicherheit von der Aufmerksamkeit der Arbeiter unabhängig achen.

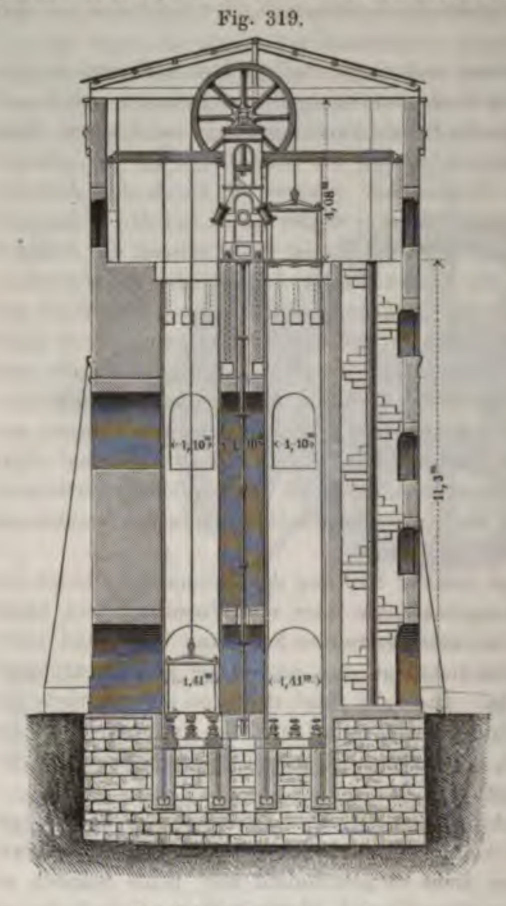
Die Seilführung hängt von der Stellung des Motors ab. Liegt der otor, der dann eine Dampfmaschine oder ein Wasserrad sein kann, ten, so wendet man meist zwei getrennte Seile an, welche an einer meinschaftlichen Trommel befestigt sind, an der sie sich in entgegensetztem Sinne aufwickeln. Die Seile führt man von der seitwärts des fzuges stehenden Maschine schräg zum Gipfel des ersteren, wo jedes er eine Seilscheibe läuft, oder legt die Maschine in die Mitte des Gichtrmes (vergl. Fig. 4, Seite 9).

Bringt man die Maschine oben an, was natürlich nur bei Dampfschinen zulässig ist, so kann man zwar auch eine Trommel mit zwei len anwenden, aber man zieht es gewöhnlich vor, beide Schalen an n Seil zu hängen, dieses über die vom Motor bewegte Seilscheibe zu ren und der letzteren eine dreikantig ausgeschnittene Spur zu geben, ein Gleiten des Seiles zu verhüten. Im ersten Falle wendet man bei utzung von Dampf meist liegende Zwillingsmaschinen ohne Schwungl an, im letzteren Falle gewöhnlich oscillirende Maschinen, welche den ingsten Raum einnehmen (vergl. Fig. 319 a. f. S, welche den Gichtfzug zu Neustadt am Rübenberge darstellt).

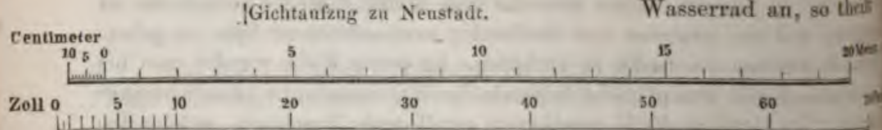
Die unten stehenden Maschinen haben, falls sie seitwärts stehen, den chtheil, dass sie durch die aufsteigenden Seile einen Seitenzug auf den chtthurm ausüben, welcher eine stärkere Construction desselben erforrt, als sonst nöthig sein würde, wozu noch der Umstand tritt, dass der schinenwärter weniger in der Lage ist, die Stellung der Schale beurteilen zu können. Die oben liegende Maschine vermeidet allerdings

diese Uebelstände, hat aber den Nachtheil, dass der Dampf bis zur Gicht geleitet werden muss, was bei offenen Gerüsten in kalten Klimaten leicht von erheblichem Nachtheil bezüglich der Condensation sein kann, weil die Maschine nicht continuirlich arbeitet.

Fig. 319.



Gichtaufzug zu Neustadt.



Die Umkehrung der Bewegung erfolgt bei der verticalen Seilförderung meist durch unmittelbare Umsteuerung der Maschine, seltener durch die bei den geneigten Aufzügen angegebenen Vorrichtungen oder durch Frictionskuppelungen.

Nur in einzelnen Fällen (z. B. Hubertushütte in Oberschlesien) hat man zwar eine Dampfmaschine auf die Hüttensohle gestellt, die Bewegung von derselben aber nicht unmittelbar durch die Seile auf die Schalen übertragen, sondern durch eine Wellentransmission zuvörderst nach oben hin verpflanzt.

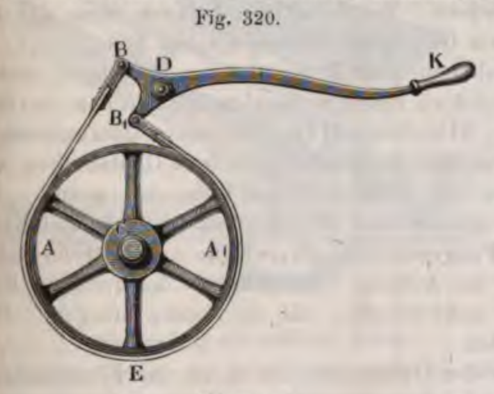
Wendet man ein Wasserrad an, so theilt man dasselbe in zwei Hälften nach seiner Breite und giebt den beiden Abtheilungen umgekehrte Schaufelung. Ein solches Rad nennt man Kehrrad. Je nachdem man das Wasser in die eine oder die andere Abtheilung treten lässt, erhält man eine rechts oder links gehende Bewegung des Rades und damit der Trommel.

Die Schützen, welche das Wasser zuleiten, sind an einem Doppelhebel befestigt, welcher entweder einen gemeinschaftlichen Schluss beider oder aber die Oeffnung nur einer Schütze gestattet.

Turbinen kommen höchst selten zur Anwendung, weil ihre grosse ndrehungszahl eine starke Uebersetzung ins Langsame durch Getriebe thwendig macht.

Jeder Gichtaufzug muss mit einer Bremse versehen sein, welche den illstand der Bewegung herbeiführt, sobald die aufgehende Schale über Knaggen hinausgekommen ist, und welche ein Ueberwinden vertet. Man wendet sowohl hölzerne Backenbremsen, als auch Band- oder Gurtbremsen, deren eine in Fig. 320 abgebildet ist, an. Um das Bremsrad C geht das stählerne Blechband AEA_1, dessen Enden B und B_1 an den Hebel DK angeschlossen sind. Das Band wird durch Niederdrücken des Handgriffs K gespannt.

Fig. 320.



Bremse.

An Stelle der gewöhnlichen runden Drahtseile wendet man auch runde und flache nfseile oder Ketten an, ohne dass für die geringen Höhen, welche bei htaufzügen vorkommen, wesentliche Unterschiede merklich würden.

Bei Anwendung von Ketten pflegt man zur Ausgleichung des Gehtes derselben die beiden unteren Seiten der Schalen durch eine genkette zu verbinden.

Die nothwendige Maschinenkraft kann man wie bei den geneigten htaufzügen [1]) berechnen, wenn man $\alpha = 90^0$, also $\sin \alpha = 1$ setzt. igt die Schale hier auch mit 1,1 Meter mittlerer Geschwindigkeit und die Höhe $s = 20$ Meter, so ist $Ps = Qs = 1000 \,.\, 20 = 20\,000$ terkilogr. Die Leistung der Maschine pr. Secunde $L = 1000 \,.\, 1{,}1$ 1100 Meterkilogr. Die Nebenhindernisse darf man hier auf nicht hr als 6 Proc. annehmen. Mit diesen hat man $L = 1100 \,.\, 1{,}06 =$ 66 Meterkilogr., d. h. circa 15 Pferdekräfte.

Für mittlere Ofenhöhen (16 Meter) und mittlere Production rechnet n $2^1/_2$ bis 3 Pferdekräfte, wenn ein Ofen allein versorgt werden soll, l nur $1^1/_2$ Pferdekräfte pr. Ofen, wenn ein Gichtaufzug mehrere Oefen lient, weil im letzteren Falle die Stillstände geringer werden. Hält n letzteres als richtig fest, so ist $L = 1{,}5 \,.\, 75 = 112{,}5$ Meterkilogr., r ohne Nebenhindernisse $\frac{112{,}5}{1{,}06} = 106$ Meterkilogr. Bei 1,1 Meter tlerer Geschwindigkeit ist daher $Q = \frac{106}{1{,}1} = 96{,}3$ Kil.

[1]) Seite 609.

Die Zeit eines Aufganges ist $t = \frac{s}{v} = \frac{16}{1,1} = 14,5$. Zum Au
und Abschieben der Wagen 51,5 Secunden gerechnet, giebt jedem
einen Zeitaufwand von 66,0 Secunden. Es können also täglich 1309 Au
gänge gemacht oder 1309 . 96,5 Kil. = 126 318 Kil. gefördert werde
Dies entspricht einer täglichen Production von circa 25 800 Kil. Roheise

Einfach wirkende Aufzüge wendet man selten an, da sie einen s
grossen Zeitaufwand erfordern. Bei derartigen Anlagen muss das Ge
wicht der Schale durch ein Gegengewicht ausgeglichen sein.

Man pflegt die Schalen an vier Rundstäben zu befestigen, welch
oben durch Querstangen und ein Kreuz verbunden sind, an dem das Se
ende angreift (vergl. Fig. 319, Seite 613). Die obere Querverbindu
wird zweckmässiger Weise wie die Schale selbst mit Gleitschuhen ve
sehen, damit ein Kippen des Fördergestelles vermieden werde. Z
Sänftigung des Anhubes schaltet man oft zwischen Seilende und Kr
eine starke Feder ein. Fangvorrichtungen, welche nur da erforderl
sind, wo eine Treppe für die Arbeiter fehlt, thun bei der geringen Hu
höhe für die Förderung mehr Schaden, als sie Nutzen bringen. M
lässt sie daher meist fehlen.

Selten schlägt man den Gichtwagen direct an das Förderseil a
Der Zeitaufwand, welcher bei dem jedesmaligen An- und Abhängen d
vier Ketten, in welche dann das Förderseil auslaufen muss, entste
wiegt bei Weitem die geringere Kostspieligkeit der Anlage auf.

Alle Seilgichtaufzüge haben den Nachtheil, dass der Motor inter
mittirend arbeiten muss, daher der Nutzeffect ein verhältnissmässig ge
ringer wird und zwar um so mehr, als bei der geringen Hubhöhe e
sehr häufiger Stillstand eintritt und bei einem einigermaassen beschle
nigten Gange durch Bremsen ein nicht unbedeutender Theil der Kr
wieder verloren geht.

3. Gichtaufzüge mit endloser Kette (Paternosterwerke).

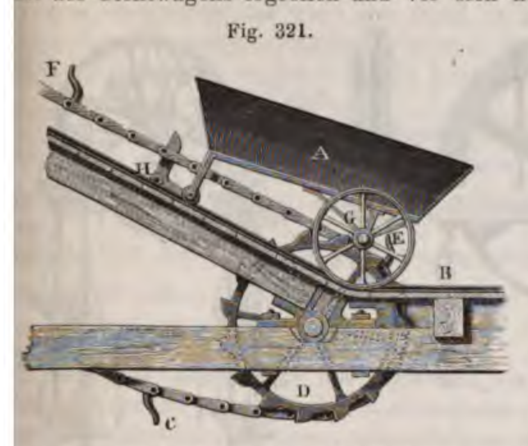
Um die Nachtheile der intermittirenden Bewegung der Masch
bei der Förderung am Seile zu vermeiden, wendet man beständig in d
selben Richtung umlaufende Ketten ohne Ende an, mit denen der Gic
wagen verbunden wird. Auch bei dieser Art der Förderung bed
man sich sowohl der geneigten Ebenen, als der verticalen Aufzüge.

Geneigte Paternosterwerke.

Die Förderung auf geneigten Ebenen geschieht meist durch je
nebeneinander laufende, stetig in umgekehrter Richtung bewegte Ke
mit langen Gliedern, in welche der Regel nach die Gichtwagen ei
hakt werden. Zuweilen wird auch nur eine Kette, welche unten

ben um eine horizontale Seilscheibe läuft, benutzt. Eine andere Einchtung ist die, dass an der Kette Haken angebracht sind, welche die xe des Gichtwagens ergreifen und vor sich her schieben. Die letzte Einrichtung ist in Fig. 321 dargestellt. Der Wagen *A* kommt auf dem Schienengeleise *B* zur geneigten Ebene. Die über eine mit Zähnen versehene Rolle *D* geleitete Kette *CEF* mit circa 0,3 Meter langen Gliedern ist in Abständen von je 3 Meter mit Haken *C*, *E*, *F* ausgerüstet, welche die Wagenaxe *G* ergreifen. Am oberen Ende hängen sich die Wagen selbstthätig aus.

Fig. 321.



Gichtaufzug mit endloser Kette.

e zweite Rolle, welche sich oberhalb des Gichtniveaus befindet, wird rch den Motor in Umdrehung versetzt. Um bei einem Kettenbruch n Zurückrollen der Wagen zu verhüten, sind die Winkelhebel *H* angednet, welche zwar die Wagen aufwärts gehen lassen, aber ein Rückärtsrollen verhindern. Dieselben fehlen bei der niedergehenden Kette.

Uebrigens lässt man die niedergehenden leeren Wagen häufig mitlst einer gewöhnlichen Bremsbahn hinab und bedarf dann nur einer afzugskette.

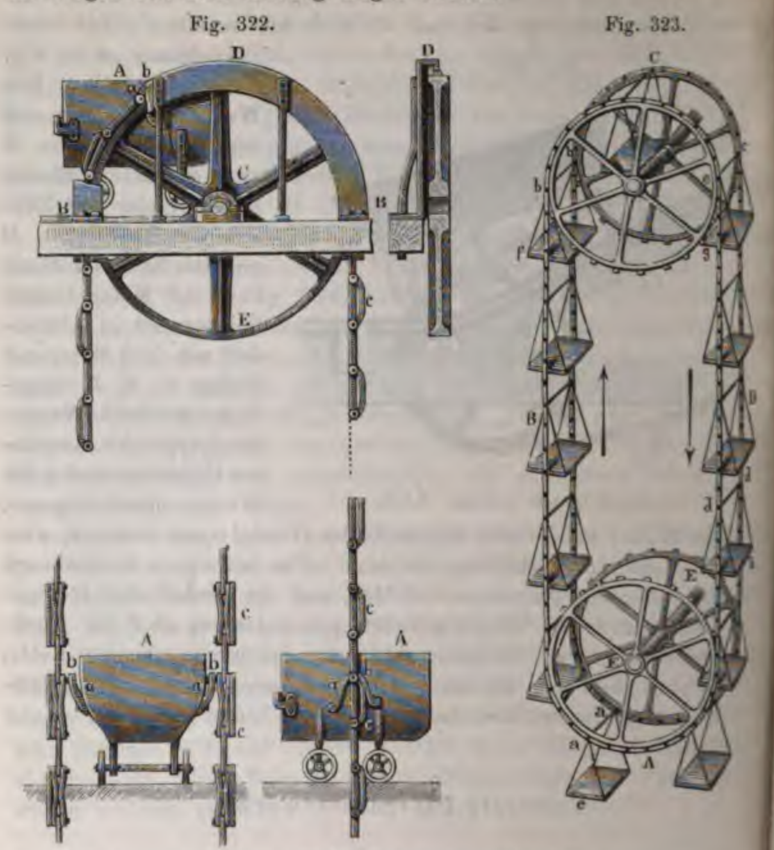
Verticale Paternosterwerke.

Bei verticalen Aufzügen mit Ketten ohne Ende hängt man die chtwagen entweder mit Stiften, welche aus dem Wagenkasten hervorringen, in die an einer Seite offenen Oesen zweier paralleler, in derseln Richtung umgehender Ketten, oder man versieht diese Ketten mit ften, welche in entsprechende Oesen an den Wagen eingreifen.

Die vollen Gefässe steigen an dem einen Strange in die Höhe, die ren gehen an der anderen Seite hinab. Die obere Kettenscheibe muss en solchen Durchmesser haben, dass der Wagen über deren Axe hint gelangen kann.

In Fig. 322 (a. f. S.) ist ein solcher Gichtaufzug abgebildet. Der Wagen ist hier mit Haken *aa* versehen, welche von den Stiften *bb* der Kette asst werden. Die Wagen setzen sich, oben angekommen, auf eine neigte Bahn auf und rollen von selbst zur Gicht. Hier ist keine Vorhtung getroffen, um die Wagen an derselben Kette wieder niederzusen. Soll dies geschehen, so muss an Stelle der festen Bahn am oberen

Ende eine Schiebebühne angebracht werden, nach deren Zurückziehen die Wagen frei nach unten gelangen können.



Verticale Gichtaufzüge mit endloser Kette.

Die Kettenglieder sind, um ein Schiefziehen zu vermeiden, mit be- sonderen Verstärkungsgliedern *c c* versehen und die Scheiben *CE* m festen rinnenförmigen Leitungen *B D B* umgeben.

Für kleine Anlagen, bei denen man die Materialien in Kästen oder Schwingen zur Gicht befördert, benutzt man wohl auch Apparate, wie sie die Fig. 323 darstellt. *A* und *C* sind zwei Paar Eisenscheiben mit evolventenförmigen Zähnen, um welche sich die Ketten *ABC* schlingen. Die Ketten sind durch schmiedeiserne Bolzen *aa*, *bb*, *cc*, *dd* an welchen die Schalen *e f*, *g*, *h* hängen, mit einander verbunden.

Bei diesen verticalen Aufzügen mit Ketten ohne Ende pflegt die untere Kettenscheibe durch Wasserrad oder Dampfmaschine in drehung zu setzen.

Die Aufzüge mit Ketten ohne Ende sind namentlich in Folge

neidlichen Schwankungen der letzteren zahlreichen Brüchen und
turen ausgesetzt. Ausserdem ist die Bedienung unbequem, da es
rksamkeit erfordert, den richtigen Zeitpunkt zum Anhängen des
s abzupassen, und wenn dies nicht in gleichmässigen Abständen
eht, eine ungleichförmige Belastung des Aufzuges hervorgerufen
Man wendet sie daher nur für kleine Anlagen an.
ie Berechnung ist einfach:
t Q das Gewicht der Fördermasse, h die Förderhöhe, n die An-
er in einer Minute zu hebenden Gichtwagen, so ist die Leistung
cunde $L = \frac{n}{60}\,Qh$. Wird der leere Wagen vom Gewicht G nicht
selben Kette abwärts gefördert, so kommt zur Last Q noch das
t G und es wird $L = \frac{n}{60}\,(Q + G)\,h$.

tatt die Gichtaufzüge mit Förderung am Seile oder mit endloser
mit besonderen Maschinen auszurüsten, hat man sie auch an an-
Iüttenbetriebsmaschinen, namentlich an die Gebläsemaschinen an-
ossen. Es ist schon S. 331 darauf hingewiesen worden, wie ver-
ine solche Vereinigung mehrerer von einander ganz unabhängiger
htungen sei, aber namentlich ist die Ankuppelung eines Gichtauf-
an die Gebläsemaschine zu verwerfen, weil bei letzterer die Gleich-
keit des Ganges eine Hauptbedingung ist, während die intermit-
Belastung namentlich bei der Seilförderung gerade das Gegen-
ewirkt. Es kann die Anführung nicht zur Rechtfertigung dienen,
ie für den Gichtaufzug nöthige Kraft im Verhältniss zu der für
bläse aufgewendeten zu klein sei, um einen wesentlichen Einfluss
ben, da leicht Fälle eintreten können, in welchen man die volle
der Gebläsemaschine gebrauchen muss. Am wenigsten nachthei-
rd natürlich die Ankuppelung der beständig umgehenden Aufzüge
etten ohne Ende sein.

4. Wassertonnenaufzüge.

en Nachtheil des intermittirenden Betriebes bei den Aufzügen am
nd den Uebelstand der Unhaltbarkeit bei den Aufzügen an end-
Kette hat man durch die Wassertonnenaufzüge gleichzeitig
gt. Bei denselben wird die Last des Fördergutes durch ein Ueber-
t von Wasser gehoben, welches in einen unter der Schale befind-
Behälter geleitet wird, wenn der leere Wagen abwärts gehen soll.
Vasser muss zuvörderst auf die Gicht gedrückt werden, aber dies
durch eine continuirlich umgehende Pumpe geschehen, welche ein
oir versorgt.
n den Figuren 324 und 325 ist ein Wassertonnenaufzug abge-
welcher zu Königshütte in Oberschlesien je zwei Hochöfen bedient.

Fig. 324 ist ein Aufriss nach *EFGH* der Fig. 325 und Fig. 325 ı *ABCD* der Fig. 324. Das Wasser wird durch eine Dampfpumpe in Röhren *E* in das Reservoir *A* gedrückt, welches circa 15,5 Cubikn Inhalt hat; von hieraus gelangt es in den Röhrensträngen *bc* in di Ventilen versehenen Stutzen *hi* und kann beliebig in jeden der vier B kästen *B* abgelassen werden, welche den zwei neben einander, abe abhängig von einander angeordneten Aufzügen angehören. Die E kästen fassen ungefähr 1,4 Cubikmeter.

Den Vortheilen, welche die Wassertonnengebläse dadurch haben das Wasser als Kraftübertragung von der Kraftmaschine aus dient daher weder Wellen noch Getriebe zur Transmission nöthig sind, längere Dampfleitungen, wie bei der Seilförderung mit obensteh Maschinen, fortfallen, dass eine beständig wirkende Pumpe auch i der Regel nach länger als der eigentliche Aufzug dauernden Paus beiten kann, dass daher die Kraft besser ausgenutzt wird, dass d servoir gleichzeitig zur Speisung der Wasserkühlungen etc. dienen allen diesen Vortheilen steht ein Nachtheil gegenüber, welcher of störend wirken kann; er beruht darin, dass in kalten Klimaten im ter ein Frieren des Wassers eintritt. Kann man nun auch dadurch man Condensationswasser oder anderweitig erwärmtes Wasser anw die Gefahr eines Zerfrierens der Wasserleitung oder des Reservoir seitigen, so lässt sich doch das Anfrieren des aus den Ventilen, w schwierig ganz dicht zu halten sind, austräufelnden Wassers nu meiden, wenn man den ganzen Aufzug in ein geheiztes, daher kos liges Gebäude einschliesst.

Der Wirkungsgrad eines Wassertonnenaufzuges kann nach Ha zu 0,8 angenommen werden, daher das zu einem Aufzuge nöthige sergewicht 1,25 der reinen Förderlast betragen muss. Um sich gehen, giebt man den Wassertonnen das doppelte Volumen, welch ein der Förderlast gleiches Wassergewicht nöthig wäre und reguli Füllung beim Betriebe nach der gewünschten Geschwindigkeit.

Der Wirkungsgrad ist aus folgenden Gründen ein verhältnissm geringer: Zu Anfang der Bewegung muss, vorausgesetzt, dass Gegenseil vorhanden ist, zuerst das Gewicht des längeren Seiles wunden und eine beschleunigte Bewegung hervorgerufen werden. Aufgange wird das Seilgewicht des leeren Kastens geringer, während der Last wächst, und man erhält am Ende eine so beschleunigte B gung, dass ein grosser Theil der Arbeit wieder durch die Bremse, w daher stets kräftig construirt sein muss, aufgenommen wird. Bei abgebildeten Gichtaufzuge wird der Bremshebel *C* vermittelst der W *D* angezogen.

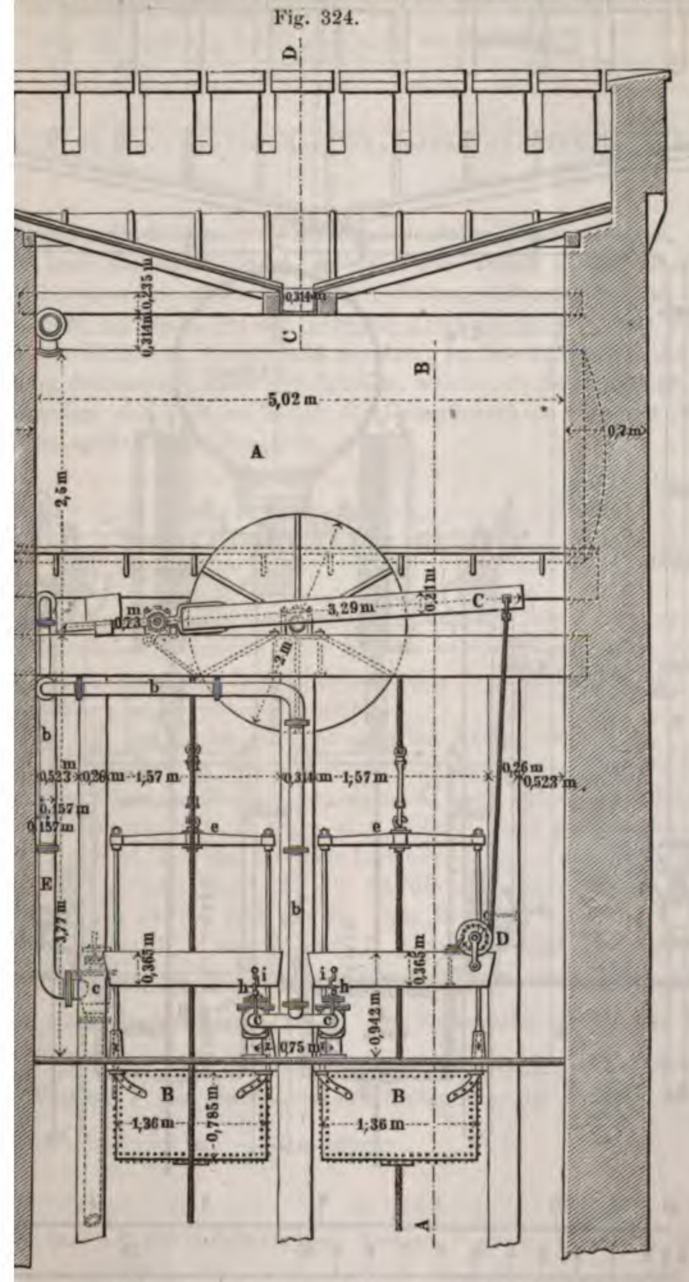
Ist ein Gefälle vorhanden, bedarf es daher keiner Pumpe, s dies ein wesentlicher Vortheil. Ist das Gefälle zu gering, so wendet

---

[1]) Hüttenwesensmaschinen S. 145.

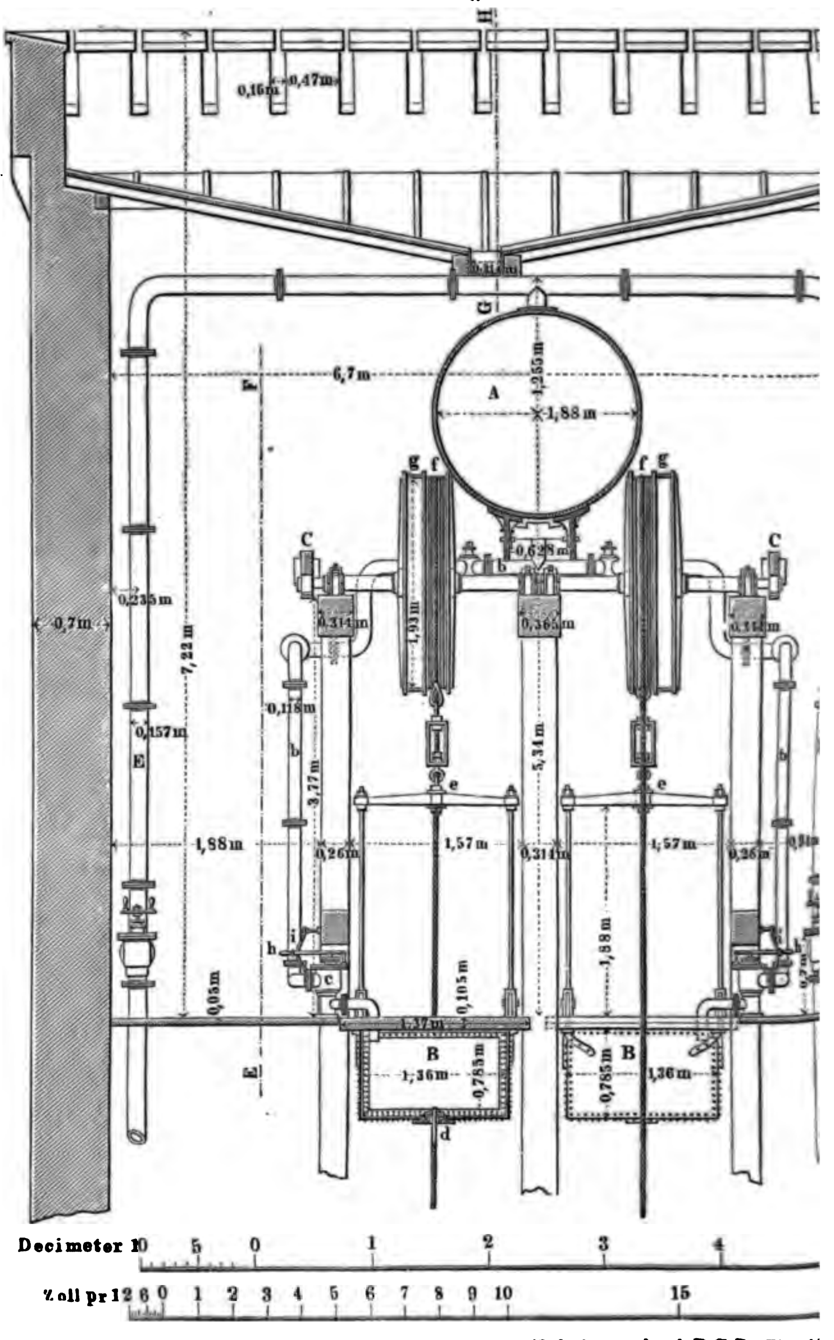
ertragung in der Weise an, dass auf die Welle der Förderscheibe
ıerem Umfange eine zweite Scheibe mit kleinerem Umfange auf-

Fig. 324.



ısertonnenaufzug zu Königshütte. (Schnitt nach *EFGH* Fig. 325).

Fig. 325.



Wassertonnenaufzug zu Königshütte. (Schnitt nach *ABCD*, Fig. 3

gesetzt wird, um welche letztere die Kette der Wassertonnen geschlungen ist. Hat die Förderscheibe den vierfachen Durchmesser der kleinen Scheibe, so brauchen die Wassertonnen nur $^1/_4$ der Förderhöhe zu durchlaufen. Diese Einrichtung findet sich z. B. zu Mariazell [1]).

5. Hydraulische oder Wassersäulenaufzüge.

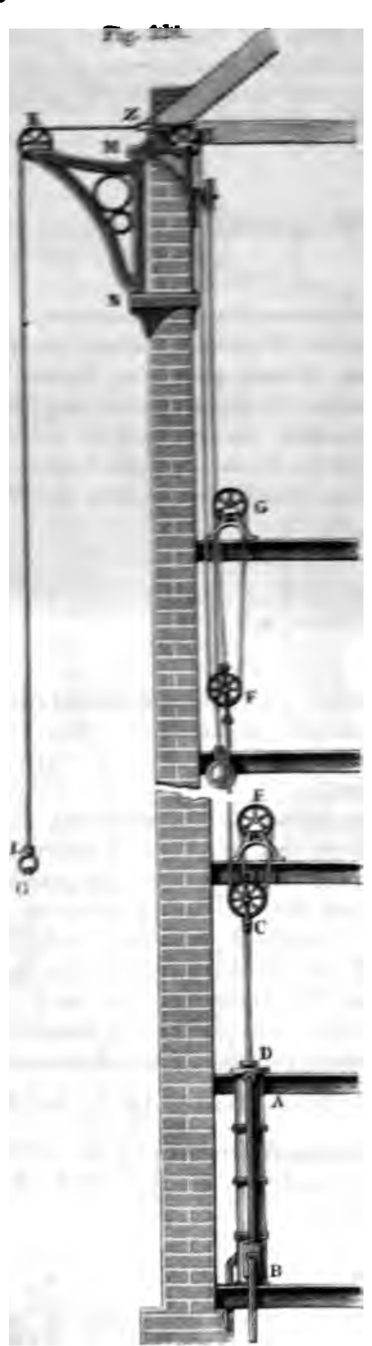
Die hydraulischen oder Wassersäulenaufzüge sind zweierlei Art. Entweder hebt eine unter Druck gesetzte Wassersäule direct die Platform, welche dann mit einem in einem Cylinder gleitenden Kolben versehen ist, oder die durch Wasser bewegte Treibmaschine ist nur durch Seile mit der Schale in Verbindung gesetzt. Im letzten Falle kann die Vorrichtung ebensowohl unter die Aufzüge, welche am Seile fördern, gerechnet werden, nur tritt an Stelle der Dampfmaschine oder des Wasserrades die hydraulische Maschine.

Hydraulische Aufzüge mit Seil.

Zu derartigen hydraulischen Maschinen pflegt man die Armstrong'schen Wassersäulen-Maschinen oder Krähne anzuwenden. Man findet derartige Vorrichtungen z. B. zu Johannishütte bei Duisburg [2]) und auf mehreren Hütten im nördlichen England.

In Fig. 326 (a. f. S.) ist ein hydraulischer Krahn abgebildet. AB ist der Treibcylinder, in welchem durch den Druck des Wassers beim Aufgange der Schale ein Kolben von oben (A) nach unten (B) getrieben wird. Die Kolbenstange CD trägt eine Rolle C und gleichzeitig das Seilende. Das Seil läuft um die feste Leitrolle E, dann um die Kolbenstangenrolle C aufwärts nach F. F ist die Axe einer dritten Rolle. Von dort geht ein zweites Seil um die feste Rolle G, dann um F und über die Leitrollen H, Z und K nach L, woran die Last Q hängt. Da zwei Seilsysteme von je drei Seilsträngen vorhanden sind, so ist, abgesehen von Nebenhindernissen, $Q = \frac{P}{9}$. Der Kolbenweg ist $^1/_9$ der Förderhöhe. Ist h die Höhe der drückenden Wassersäule, γ die Dichtigkeit des Wassers, F der Querschnitt des Kolbens, so ist $P = F \,.\, h \,.\, \gamma$ und folglich $F = \frac{P}{h\gamma} = \frac{9\,Q}{h\gamma}$ zu nehmen.

[1]) Loc. cit. — [2]) Schönfelder, baul. Anlagen, 1. Jahrg., 2. Lief., S. 19 u. Taf. XI.



Hydraulischer Krahn.

Hydraulische Aufzü... ohne Seil.

Bei den hydraulischen ... gen ohne Seil muss der Kol... Treibcylinders die ganze ... höhe durchlaufen. Man s... Treibcylinder gewöhnlich ... Platform und verbindet ... dem Kolben durch eine Kolbe... Der Treibcylinder muss da... die Hüttensohle versenkt w... Platform wird in Leitungen...

Ist der Treibcylinder ... Platform angebracht, so w... an der Kolbenstange auf... gen.

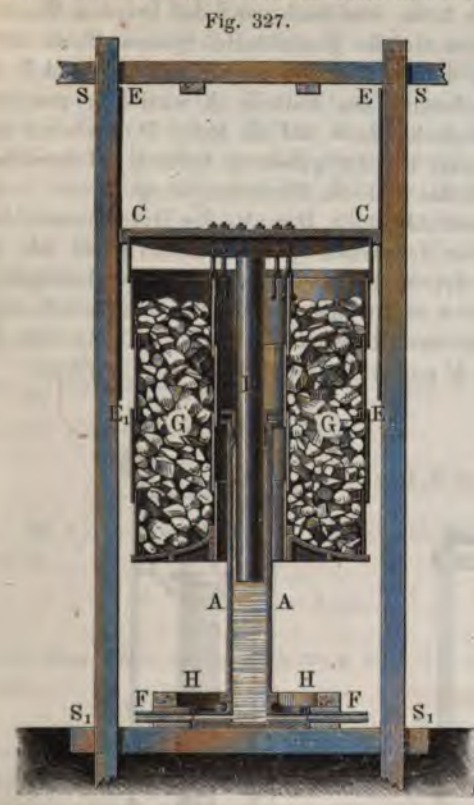
Die letztere Anordnung ... leichtere Zugänglichkeit be... turen, die erstere den besser... gegen Witterungseinflüsse ...

Hier wird der Weg de... gleich dem Wege der La... ist $F = \frac{Q}{h \gamma}$ zu nehmen.

Der Wasserdruck wir... meisten hydraulischen Krah... eine Pumpe hervorgerufen... von einer Dampfmaschine ... wird. Um indessen die i... rende Arbeit des Aufzuges ... continuirliche zu verwand... melt man das Druckwasser ... Accumulator an. Die Ac... ren bestehen aus stark mit... ten belasteten Kolben. In ... ist ein solcher abgebildet ... der Sammelcylinder. In ... münden unten die Ein- un... röhren FF ein. Der Tau... B, welcher durch eine S... geht, trägt den mit Stein... ten Kasten GG.

Seltener lässt man den Dampf direct auf die eine Seite eines Kolbens wirken, der mit seiner anderen Seite das Wasser drückt. So sind z. B. kleinere Aufzüge für Giessereien construirt [1]). Endlich kommt es auch vor, dass man den Dampf ganz unmittelbar auf das Wasser drücken lässt. In beiden Fällen dient der Kessel als Kraftreservoir. Den Dampf entnimmt man gewöhnlich aus den für die Gebläsemaschinen bestimmten Kesseln.

Fig. 327.



Accumulator.

Der Niedergang der leeren Wagen erfolgt stets durch das eigene Gewicht der Vorrichtung, so dass zu diesem Zwecke dem Druckwasser nur ein Ausgang durch Oeffnung eines Ventils gestattet zu werden braucht.

6. Pneumatische Aufzüge.

Wie bei den hydraulischen Gichtaufzügen das Wasser die Arbeit des Motors auf den Aufzug überträgt, so bei den pneumatischen die comprimirte Luft.

Die Luft wird selten zu diesem Zwecke durch besondere Vorrichtungen comprimirt, vielmehr benutzt man der Regel nach einen Theil der Gebläseluft. Gerade hierin liegt aber der grösste Nachtheil dieser Vorrichtungen, da man nicht gleichmässig, sondern in einem von dem Betriebe ganz unabhängigen Maasse dem Hochofen einen Theil des Betriebsmaterials entzieht.

Pneumatische Aufzüge können, wie die hydraulischen, sowohl direct wirkend, als indirect wirkend, d. h. mit Seilübertragung hergestellt werden.

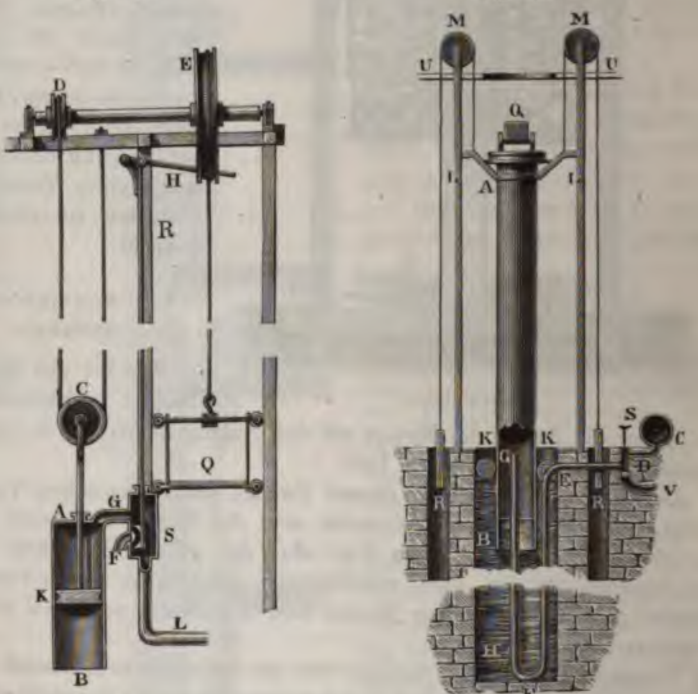
Letzteres geschieht indessen sehr selten. Ein zu Friedenshütte in Oberschlesien befindlicher Aufzug dürfte eines der wenigen Beispiele dieser Art sein. Hier bewegt ein durch comprimirte Luft abwärts ge-

[1]) Vergl. Hauer, Hüttenwesenmaschinen, S. 148.

triebener Kolben vermittelst eines Seils eine Scheibe, von welcher durch Räderübersetzung die Bewegung auf die Seiltrommel des Förderkorbes übertragen wird. Uebrigens kann man auch ganz das bei den Wassertonnenaufzügen mit geringem Gefälle geschilderte System (Seite 622) anwenden. Einen Aufzug der letzten Art zeigt Fig. 328. AB ist der Treibcylinder. Der Kolbenhub des Kolbens K wird hier zunächst durch die lose Rolle C verdoppelt, dann auf die Rolle D durch ein Seil übertragen. Die Rolle D sitzt mit der grösseren Rolle E auf derselben Welle. Um E schlingt sich das Seil des Förderkorbes Q.

Ist z. B. der Durchmesser der Rolle $D = {}^1/_4$ des Durchmessers von E, so ist die Geschwindigkeit der Schale $Q =$ 8mal so gross, als die des Kolbens K, und wenn der Weg des letzteren 2 Meter beträgt, so wird die Förderhöhe $= 2 \times 8 = 16$ Meter sein. Der Schieber S regulirt den Windein- und Windaustritt durch G und F und kann von der Gicht aus durch den Hebel H und die Stange RS bewegt werden.


Fig. 328. Fig. 329.



Indirect wirkender Direct wirkender
pneumatischer Aufzug.

Die direct wirkenden pneumatischen Aufzüge bedürfen, wie die entsprechenden hydraulischen, eines in die Erde versenkten Kraftrohres von einer der Förderhöhe gleichen Länge. Fig. 329 stellt einen Aufzug

n einer Eisenhütte bei Dudley dar. AB ist die Windröhre, welche Platform unmittelbar trägt. Die comprimirte Luft wird durch die hrenleitung $CDEFG$ zugeführt. Der Abschluss wird in dem ge-uerten Reservoir BB durch Wasser bewirkt. Walzen KK im Reser-ir, sowie Leitstangen LL oberhalb desselben führen die Platform in rizontaler Lage. Die Windleitung ist mit dem Steuercylinder DS ver-nen, in welchem ein Kolben D auf- und niederbewegt werden kann. s Gewicht des Rohres AB, der Platform und des leeren Wagens ist weit durch die Gegenwichte RR äquilibrirt, dass beim Oeffnen des blaserohrs V die Schale von selbst langsam hinabsinkt.

Ist F die Fläche des Kolbens oder Windrohres eines pneumatischen fzuges, p der äussere und p_1 der innere Luftdruck per Quadratcenti-ter, so ist die Kraft P des Kolbens K, oder bei directer Wirkung des linders AB, $P = F(p_1 - p)$. Findet eine Umsetzung im Verhält-s $\frac{a}{2b}$ statt, so ist $Q = \frac{a(p_1 - p)F}{2b}$ und $F = \frac{2bQ}{a(p_1 - p)}$. Dies ver-facht sich bei directer Wirkung auf

$$Q = F(p_1 - p) \text{ und } F = \frac{Q}{p_1 - p}.$$

Ist s im ersten Falle der Kolbenhub, so wird die Förderhöhe der t Q

$$h = \frac{2bs}{a},$$

zweiten Falle dagegen $h = s$ und die geleistete Arbeit in beiden len:

$$Ps = Qh = F(p_1 - p)s = V_1(p_1 - p),$$

n V_1 den Inhalt des Treibcylinders, d. h. das beim Aufziehen ver-uchte Windquantum bezeichnet. Ist n die Anzahl der Aufzüge pro nute, so wird die Leistung der Maschine pro Secunde:

$$L = \frac{n}{60} Ps = \frac{n}{60} V_1 . (p_1 - p).$$

Der Wirkungsgrad des pneumatischen Gebläses kann annähernd

$$= \frac{p}{p_1}, \text{ genauer } \frac{p}{p_1}\left(1 + \frac{p_1 - p}{2p}\right)$$

enommen werden.

Ist z. B. bei einem direct wirkenden pneumatischen Aufzuge die ere Pressung $p_1 = {}^5/_4\, p$, also der Ueberdruck $({}^5/_4\, p - p_1) = 0{,}25\, p =$ 5 Kilogr. per □Centim., und die Last = 1500 Kil., so ist der Quer-nitt des Cylinders:

$$F = \frac{Q}{p_1 - p} = \frac{1500}{0{,}25\, p} = 6000 \text{ Quadratcentimeter}$$

daher der Kolbendurchmesser

$$d = \sqrt{\frac{4\,F}{\pi}} = 87{,}5 \text{ Centim.}$$

Der Sicherheit wegen legt man etwa 10 Proc. zu dem Durchmesser zu und erhält also den Durchmesser = 96 Centim.

Ist die ganze Hubhöhe der Schale 15 Meter und die Anzahl der Aufzüge pro Stunde 40, so hat man die Nutzleistung des Aufzuges im Mittel pro Secunde

$$L = \frac{40 \,.\, 1500 \,.\, 15}{3600} = 250 \text{ Meterkilogr.}$$

Lässt man diesen Aufzug 20 Stunden täglich arbeiten, so erhält man 20 . 40 . 1500 = 1 200 000 Kilogr., d. h. den Bedarf dreier grosser Hochöfen.

Vergleich der Gichtaufzüge.

Die in dem Vorhergehenden behandelten Gichtaufzüge sind in zahlreichen Abänderungen auf Eisenhütten ausgeführt [1]), aber sie kommen unter Benutzung der gegebenen Verhältnisse überall auf die angegebenen Grundzüge zurück.

Bei der Anlage neuer Hütten wird man sich für eine bestimmte Art von Gichtaufzug zu entscheiden haben. Zuvörderst wird man durch die natürlichen Bedingungen auf die Benutzung eines vorhandenen Gefälles hingewiesen werden. Es ist in einem solchen Falle ein Wasseraufzug, nöthigenfalls mit Uebersetzung (Seite 622) der Anlage eines Wasserrades vorzuziehen, weil letzteres stets grössere und schwieriger auszuführende Reparaturen voraussehen lässt.

Ist kein ausreichendes Wassergefälle vorhanden, ist man daher auf Dampfkraft angewiesen, so wird zuerst zu entscheiden sein, ob man eine geneigte Ebene oder einen verticalen Aufzug anzulegen hat. Im Allgemeinen ist die geneigte Ebene nur dann vorzuziehen, wenn der Erzplatz oder das Möllerhaus in einem höheren Niveau als die Ofensohle, und in einem tieferen als die Gicht liegt. Man denke sich hinter dem Hochofen einen sanft ansteigenden Berg, so würde der verticale Aufzug, also die Förderung in zwei Katheten entweder einen Einschnitt in den Berg, eine Ueberbrückung des Raumes bis zum Ofen oder eine Vorrichtung zum Hinablassen der Gichtwagen bis zum Fusse des verticalen Aufzuges erforderlich machen, alles Dinge, welche man durch Anlage einer geneigten Ebene umgehen kann. In allen anderen Fällen wird sich ein verticaler Aufzug empfehlen, und zwar um so mehr, als man durch schwach zu

[1]) Man findet Abbildungen und Beschreibungen z. B. in Schönfelder, Bau-Anlagen in Preussen, Wiebe's Skizzenbuch, Truran, Iron Manufactory of Great Britain, in den Zeichnungen der Hütte u. A. In Bezug auf die Berechnungen wird die mehrfach citirten Werke von Weisbach und Hauer verwiesen.

demselben abfallende Bahnen vom Erzplatze aus die Anförderung sehr erleichtern kann.

Unter den geneigten Aufzügen wird die Wahl nicht schwer. Man wird stets diejenigen mit Seilförderung denen mit endloser Kette aus den oben (Seite 623) angeführten Gründen vorziehen müssen.

Ebenso kann man unter den verticalen Aufzügen diejenigen mit endloser Kette sofort verwerfen, und es bleibt dann die Wahl, ob man durch eine Dampfmaschine eine Seiltrommel bewegen, Wasser auf die Gicht pumpen und einen Wassertonnenaufzug anordnen, eine Pumpe zur Erzeugung eines Wasserdrucks anlegen oder die vorhandene Gebläsemaschine zur Compression der Luft benutzen will. Eine besondere Gebläsemaschine für diesen Zweck wird man mit Vortheil kaum jemals anordnen können und der Nachtheil der Abzweigung von Gebläseluft ist bereits erörtert. Man wird daher auch die pneumatischen Aufzüge verwerfen. Ihre Anlage lässt sich nur entschuldigen, wenn man überkräftige Gebläsemaschinen besitzt und ein so grosses Windquantum zu liefern hat, dass der Verbrauch für den Gichtaufzug verhältnissmässig unbedeutend ausfällt. Die hydraulischen Aufzüge theilen mit den Wassertonnenaufzügen den Nachtheil, bei ungünstigem Klima durch Frost zu leiden oder theure Gichtthürme zu erfordern. Wo das Klima günstig ist, lässt sich gegen dieselben nichts einwenden und namentlich empfehlen sich die Wassertonnenaufzüge durch ihre Einfachheit. Ist das Klima ungünstig, so bleibt nur der Seilbetrieb übrig und man darf die Dampfaufzüge mit Seilbetrieb daher als die am allgemeinsten anwendbaren Vorrichtungen zur Beförderung der Materialien zur Hochofengicht bezeichnen. Ueber die Unterschiede zwischen unten- und obenstehenden Maschinen ist bereits (Seite 617) das Weitere erörtert worden, und es bleibt zu Gunsten der untenstehenden Dampfhaspel nur noch die Leichtigkeit der Aufsicht durch den Maschinenbeamten hinzuzufügen.

f. Das Begichten des Hochofens.

Die Materialien, welche durch die Gichtaufzüge zum Niveau der Gicht geschafft worden sind, müssen nunmehr in den Hochofen gestürzt werden. Von der Art, in welcher dies geschieht, hängt wesentlich der gute Gang des Hochofens ab.

Die erste Regel ist, dass Erze sammt Zuschlägen und Brennmaterialien in abwechselnden, annähernd horizontalen Schichten aufgegeben werden; eine zweite, dass sich das Brennmaterial vorwiegend im Centrum, das Erz vorwiegend an der Peripherie anhäufen könne; eine dritte, dass die grössten Stücke jedes Materials in das Centrum, die kleinsten an die Peripherie zu liegen kommen. Bei offener Gicht muss die Erzschicht stets das Brennmaterial bedecken, damit letzteres sich nicht entzünde und an der Luft verbrenne. Bei geschlossener Gicht ist es wegen der

Sorgfalt ausgeführt wird.

Ein solcher Handbetrieb ist nur bei kleinen Oefen solchen mit engem Gichtdurchmesser anwendbar. Für sind mechanische Vorrichtungen zum Vertheilen erford entziehung stattfindet, dient meist der Gasfang gleichz ler. Kann dieser den gewünschten Zweck nicht erfüll man überhaupt keine Gasentziehung an, so müssen Vorri Gichtwagen angebracht sein, welche die richtige Verthe soweit befördern, dass mit geringer Handarbeit durc Rechen eine gute Anordnung herbeizuführen ist.

Einrichtung der Gichtwagen.

Am häufigsten werden die Gichtwagen zum Kipp Sie werden dann radial an den Gichtrand angefahr eine solche Neigung gebracht, dass die Materialien Nachhülfe in den Ofen gleiten. Zu diesem Zwecke ist der Wagen nach aussen geneigt, wie dies Fig. 330 zei

Fig. 330.

ge des Uebergewichtes um die Charniere H, sobald die Schloss-r KL gelöst werden.

Bei einer Beschickung mit derartigen Wagen fallen die Materialien er Parabel nieder und häufen sich im Ofen in einem von den Wan-n mehr oder weniger entfernten Ringe am stärksten an. Sollen assen gezwungen werden, möglichst an den Rand des Ofens zu fal-o versieht man den Wagen an der der Gicht zuliegenden, dann echten Seite mit einer Thür, welche sich um eine horizontale Axe r Oberkante des Wagens dreht und während der Förderung durch Riegel verschlossen ist. Beim Kippen hält die nur bis zu einer sen Weite sich öffnende Thür die Materialien zurück und bewirkt, sie ungefähr senkrecht, d. h. am Rande des Ofens niederfallen.

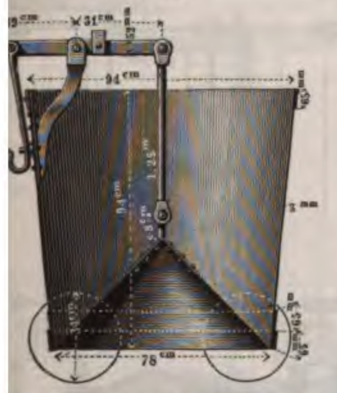
Bei kleinen Gichtdurchmessern kann man die Materialien durch den des Gichtwagens, welcher über die Gicht gefahren wird, vertheilen. Die Figuren 331, 333 und 334 (a.f.S.) zeigen die Einrichtung in solchem Falle. Der aus Blech in Form eines abgestumpften Kegels hergestellte Gichtwagen (Fig. 332) wird zuerst auf eine Schiebebühne befördert, welche ihn vom Gichtaufzuge in die Gichtbahnlinie bringt. Auf der letzteren, welche hinreichende Spurweite hat, um seitwärts von der Gichtöffnung zu bleiben, läuft eine zweite, mit Geleisen versehene Schiebebühne, auf welcher der Gichtwagen über die Gicht gelangt. Diese scheinbar complicirte Einrichtung ist nothwendig, weil, wenn der Gichtwagen ohne Schiebebühne über die Gicht gefahren werden sollte, das Schienengeleise der beständigen Einwirkung der Gichtflamme ausgesetzt sein und daher bald zerstört werden würde, oder der Gichtwagen eine Spurbreite haben müsste, welche sehr unbequem für die Anlage des Gichtaufzuges wäre.

Fig. 331.



Gichtwagen und Schiebebühne (Vorderansicht).

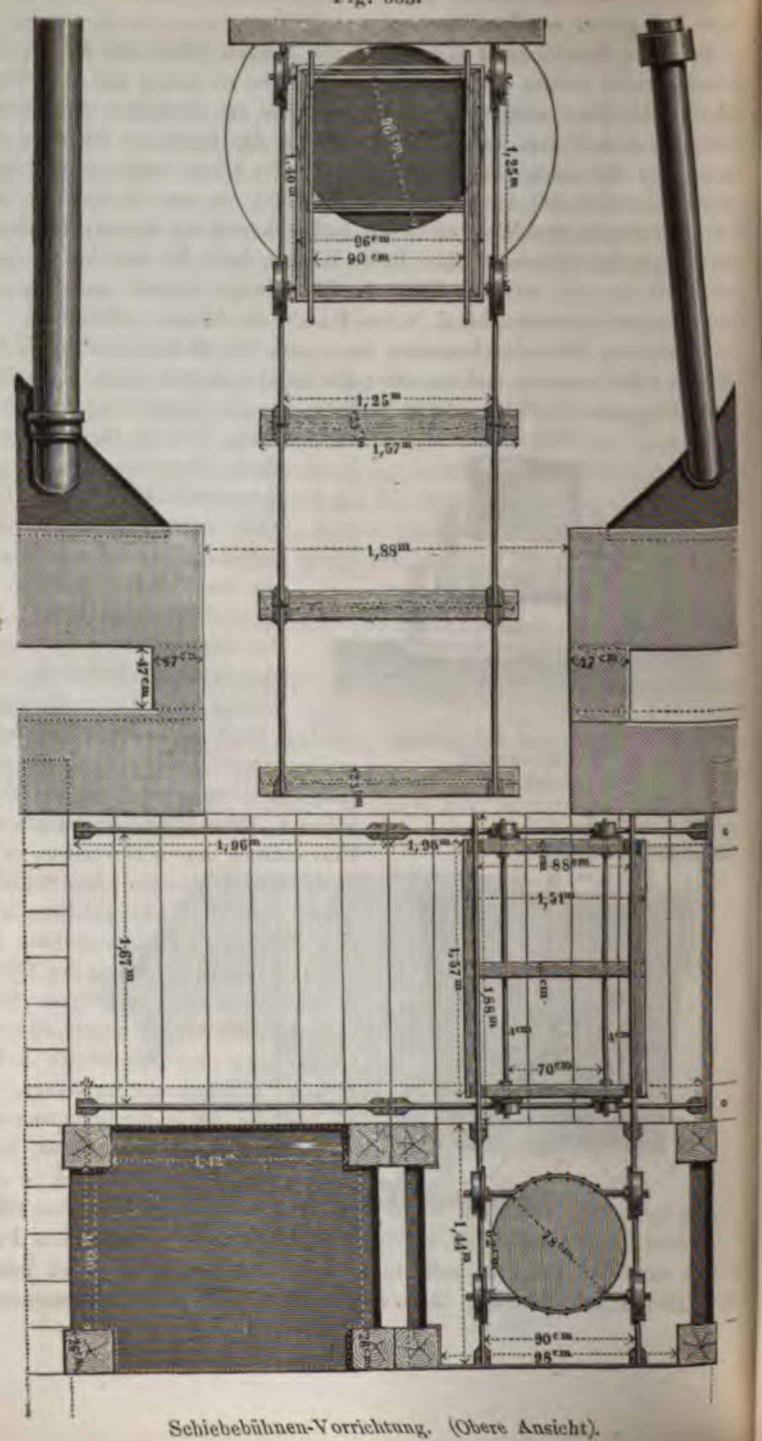
Fig. 332.



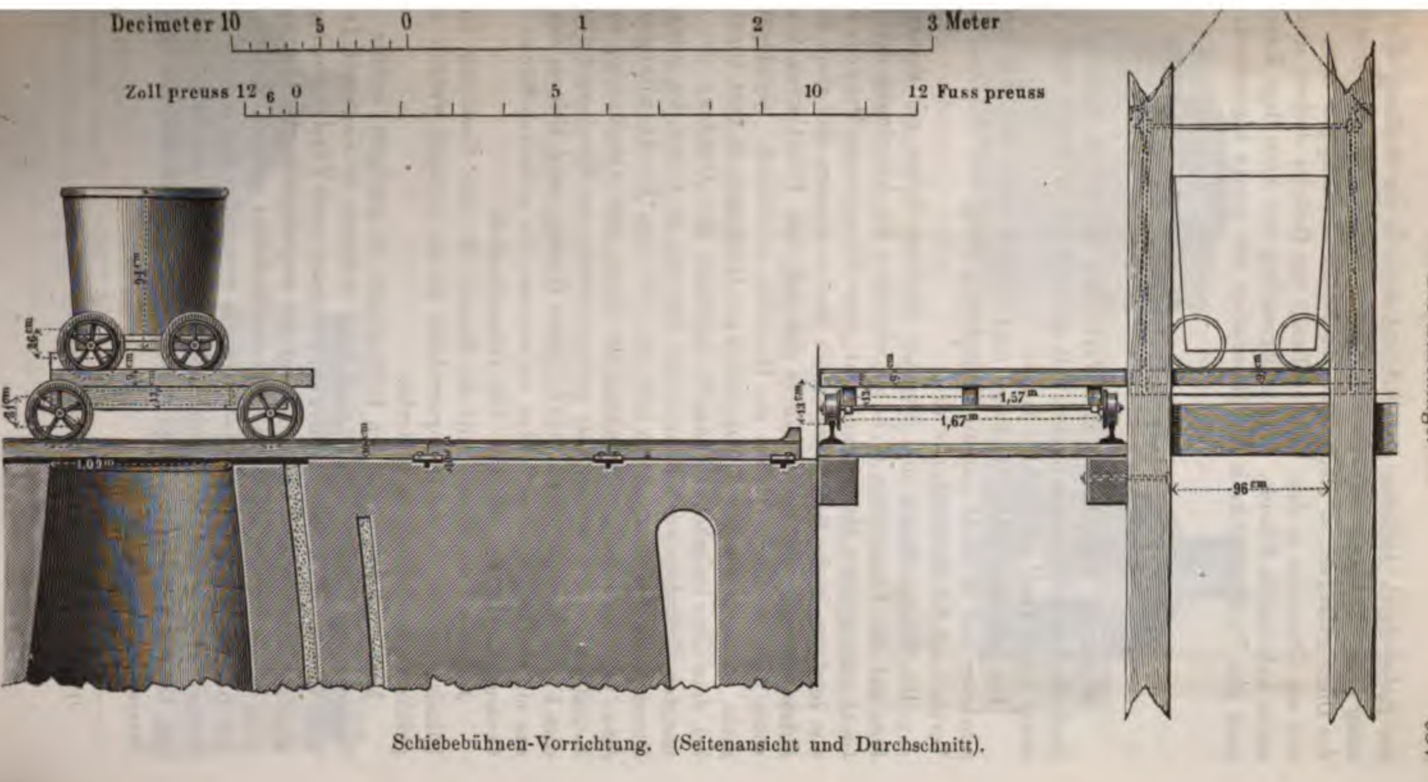
[Gich]twagen mit beweglichem Boden.

Den Gichtwagen selbst kann man nun so einrichten, dass er entweder die Materialien an den Ofen-endet, oder dass er sie in das Centrum bringt. Im ersten Falle it man den Behälter mit einem sich nach unten öffnenden coni-Boden, wie dies Fig. 332 zeigt. Während der Förderung wird

Fig. 333.



Schiebebühnen-Vorrichtung. (Obere Ansicht).



Schiebebühnen-Vorrichtung. (Seitenansicht und Durchschnitt).

Wenn die Vorrichtung zum Vertheilen der feste
Hochofen beständig liegen bleiben soll, so bildet sie der I
zeitig einen Theil des Gichtgasfanges.

Die gebräuchlichen Gasfänge sind bereits Seite
schrieben und es bleibt nur die Betrachtung übrig, wie
Vertheilung der Materialien wirken.

Die Wasseralfinger und Siegener Gasfänge haben
fluss auf die Vertheilung, d. h. sie verändern die Anor
Gicht aufgegebenen Materialien nicht; denn die geringe
von letzteren in die Gasöffnungen mit hineingelangen,
lichen Einfluss. Ebenso verhält es sich mit dem Pfo
wenn derselbe sich der Form des Hochofens anschliesst.
nicht, wie z. B. bei dem Vordernberger Gasfang [1]), s
bei dem Darby'schen Gasfang [2]) unterhalb der Mü
hängten Cylinders oder Rohres eine Störung in Folg
Erweiterung des Ofenquerschnittes ein. Bei dem Vord
fang wird sich an der Wandung des Ofens eine rin
Kegelfläche bilden, auf welcher grössere Stücke zur Wa
dies Fig. 335 zeigt. Beim Darby'schen Gasfang wird
axe ein concaver Trichter bilden, auf welchem die grösse
Centrum rollen, wie dies Fig. 336 veranschaulicht.

Je grösser der Querschnitt des Raumes für den G
hältnisse zu dem ganzen Ofenquerschnitt ist, um so meh
geführten Erscheinungen eintreten.

Man wird daher, um den Bedingungen zu genüge
Spitze dieses Capitels gestellt sind, beim Aufgeben in e
Rohr versehenen Hochofen weniger, bei einem nach Vo
angelegten mehr als gewöhnlich auf die ursprüngliche

Vollständig ungleichmässig vertheilend und daher jedenfalls nach-
ilig auf die Anordnung der Beschickung wirken gemauerte Gurtbogen,

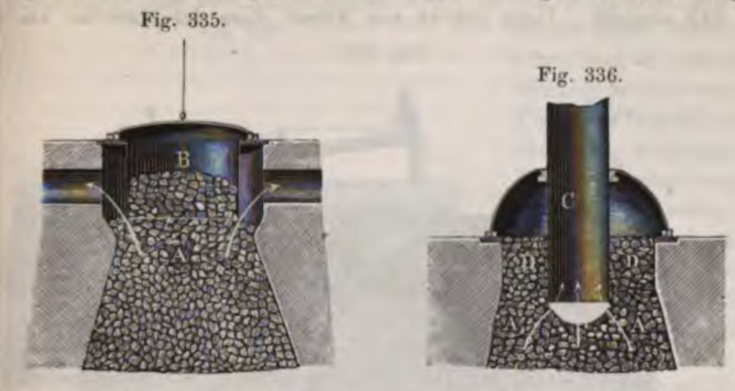


Fig. 335. Vordernberger Gasfang.

Fig. 336. Darby'sches Rohr.

lche, wie beim Ulverstoner Gasfang[1]), ein centrales Rohr tragen.

Bei allen Gasfängen, welche nur Gichtglocken- oder Gicht-
ckelverschluss haben[2]), kann man nach jedem Aufgeben die Be-
ickung durch Kratzen beliebig ausbreiten und muss sich nur vor
em Einschütten in die Gascanäle hüten. Fig. 337 und 338 stellen
se Fälle dar.

Ganz anders werden nun die Bedingungen für das Aufgeben, wenn
n es mit Apparaten zu thun hat, welche die Gichtgase oberhalb der
chickungssäule entziehen[3]), bei welchen also der Regel nach die Gicht
z verschlossen sein muss. Hier sollen durch den Apparat selbst die
her in einen mit demselben verbundenen Raum ausserhalb des
ns gestürzten Materialien so in den Ofen geführt werden, dass sie
elbst ohne äusseres Zuthun, welches bei dem Parry'schen Trichter

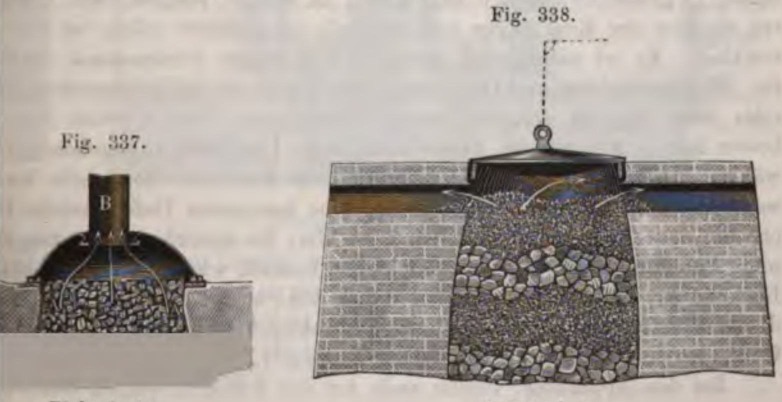


Fig. 337. Gichtglocke.

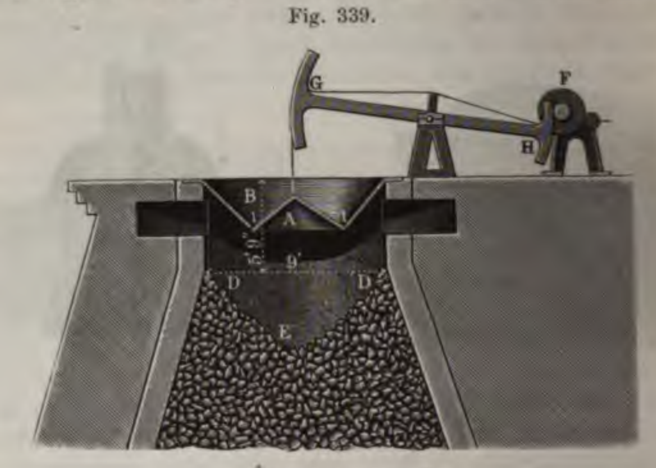
Fig. 338. Gichtdeckel.

---

1) Vergl. S. 338. — 2) Vergl. S. 338. — 3) Vergl. S. 341.

überhaupt nicht möglich ist, eine richtige Lage einnehmen. Der Parry'sche Trichter soll die Erze in der Weise aufschütten, wie dies Fig. 339 angiebt. Dazu gehört vor Allem, dass das Material an die

Fig. 339.



Parry'scher Trichter.

Ofenwand anschlägt, ehe es zur Ruhe kommt. Es bildet dann eine vollkommen concave Oberfläche, auf welcher alle grösseren Stücke, namentlich die später aufgegebenen Brennmaterialien, abwärts rollen.

Durch diese Art der Beschickung werden alle Bedingungen erreicht, welche weiter oben als maassgebend angeführt wurden. Da die kleinen Stücke der Erze einen grösseren Böschungswinkel als die grösseren haben, so werden erstere vorzüglich an der Ofenwandung liegen bleiben, letztere in die Ofenmitte rollen. Dass die Brennmaterialien, welche fast immer in grösseren Stücken aufgegeben zu werden pflegen, den grösseren Stücken der Erze folgen und ebenfalls in die Mitte rollen, ist bereits erwähnt. Es ist nicht ganz leicht, die richtigen Dimensionen, welche für jede Stückgrösse und Ofenweite natürlich wechseln, festzustellen. Bereits Seite 343 ist erörtert, welche Verhältnisse Parry selbst für die besten hält. Anderwärts haben sich die in Fig. 339 angegebenen bewährt. Dass indessen jedes Verhältniss nur dann zutreffend sein kann, wenn die Oberfläche der Beschickung eine bestimmte Tiefe erreicht hat, ehe die neue Gicht aufgegeben wird, ist klar. Es entstehen sonst ringförmige Anhäufungen, meist unregelmässiger Gestalt, wie sie Fig. 340 zeigt. Dieselbe Art der Vertheilung, wie durch den Parry'schen Trichter, kann durch feststehende Kegel wie beim Teleskopenapparat[1]) oder durch Gichtwagen mit kegelförmigem Boden[2]) herbeigeführt werden.

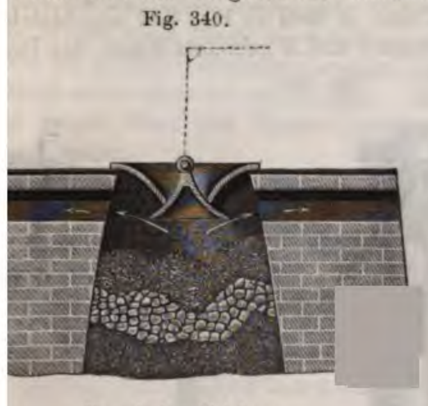
Bei den Apparaten, welche nach Art der Langen'schen Glocken

---

[1]) Vergl. S. 344. — [2]) Vergl. S. 635.

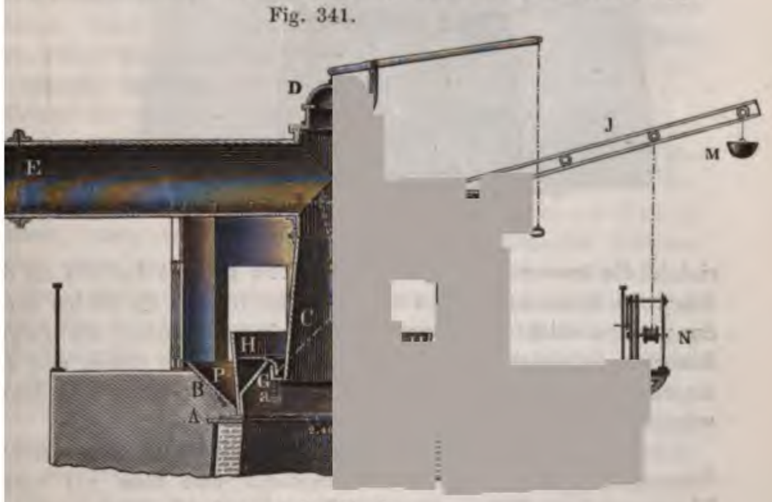
tthätiger Beschickung wirken [1]), ist die Vertheilung bei Weitem günstig, wie beim Parry'schen Trichterapparat. Hier gelangen rialien aus der Aufgeberinne nicht an die Wandung, sondern bilden einen concentrischen Ring in einer Entfernung, welche von der Tiefe der Beschickungsoberfläche abhängig ist. Von dieser ringförmigen Erhöhung aus rollen nun die grössten Stücke theils zwar auch in die Mitte des Ofens, theils aber grade an die Ofenwandung. Man muss daher zur Erreichung einer möglichst guten Beschickung die Glocke mit einem den Erzes bestimmenden Schirm HH, Fig. 341, versehen. Immercht man niemals die gute Wirkung wie mit dem Trichterappa-

Fig. 340.



Parry'scher Trichter.

Fig. 341.



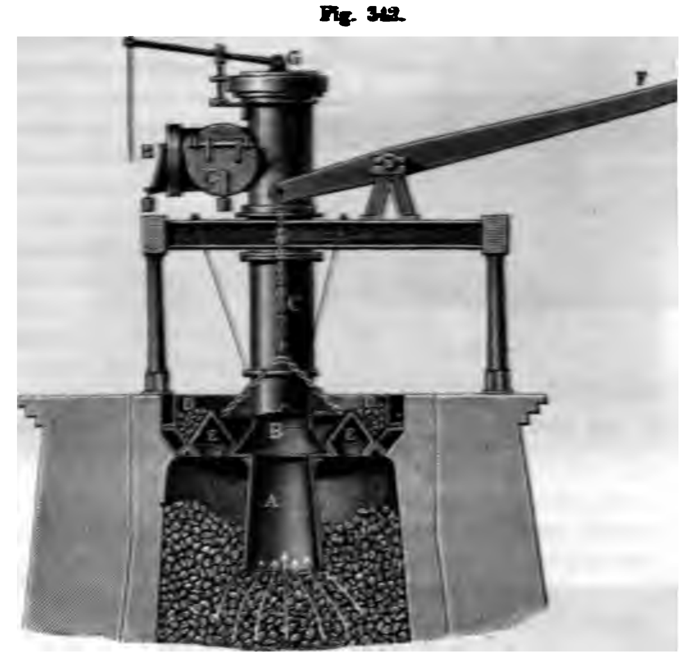
Langen'sche Glocke.

man hat den Vorzug, während einer kurzen Oeffnung der Glocke, ch auf Kosten einer gewissen Menge Gas, welches aus dem dann n Ventile D ausströmt, mit Kratzen die Beschickung ordnen zu eine Möglichkeit, welche bei dem Parry'schen Trichter, wie beähnt, ganz fortfällt.

[1]) rgl. S. 350.

Durch dachförmige Ringverschlüsse gelingt es, die verschiede
theilung, welche Erz und Brennmaterial erfordern, noch vollst
zu erreichen, als dies bei Benutzung eines einfachen Apparates i
ist. Wenn man annimmt, dass in dem in Fig. 342 abgebildete
verschluss das Erz in die innere von *E* gebildete Rinne, das Bre

Fig. 342.



Ringverschluss.

rial in die äussere (*D*) geschüttet wird, so gelangt das Erz an di
dung, das Brennmaterial in die Mitte des Ofens. Es ist bei der
dung eines solchen Apparates natürlich nothwendig, die ringf
Rinnen nicht gleichzeitig, sondern nacheinander zu füllen, weil si
die verschiedenen Materialien beim Niederfallen kreuzen und dahe
würden.

Die Schwierigkeit, den inneren Ring mit Material zu verseh
derartige Apparate, welche Brennmaterial und Erze auf vers
Weise aufgeben, bisher nicht zu allgemeiner Anwendung gelange
obwohl sie eine eingehendere Berücksichtigung verdienen dürf
ihnen bisher zu Theil geworden ist.

Gichtmantel.

Wenn die Gase ganz oder theilweise aus der Gicht des H
entweichen, so können sie die Arbeiter beim Aufgeben sehr be

verlängert daher den Kernschacht über die Gicht hinaus und nennt en Theil Gichtmantel (*Tunnel-head*[1]). Der Gichtmantel ist nur einzelnen Stellen durch Oeffnungen (Thore) unterbrochen, durch che die Wagen ihren Inhalt in den Ofen entleeren. Eine schlechte struction ist es, das Gichtplateau aussen mit einer Mauer einzufassen die Gicht selbst nicht zu umschliessen. Der Arbeiter ist in solchem e zwar gegen Wind und Wetter geschützt, aber der Gichtflamme usehr ausgesetzt.

Die Gichtthore dürfen nicht weit auseinander liegen, weil sonst die chickung ungleichförmig ausfällt. Drehbare Gichtmäntel aus Eisen-h, welche eine allmälig fortschreitende und daher sehr regelmässige chickung gestatten, finden selten Anwendung, weil sie schwer in nung zu halten sind.

Gichtenmesser.

Da Brennmaterial und Erz in abwechselnden Schichten aufgegeben len, so muss jedesmal der nöthige Raum vorhanden sein, ehe neu be-tet werden darf, es wird daher nicht fortlaufend, sondern intermitti- beschickt. Die Zeit, welche erforderlich ist, um den nöthigen Raum ustellen, hängt wesentlich von der Schnelligkeit des Ofenganges und der Grösse der Gichten ab.

Die Grösse der Gichten pflegt man nach der Brennmaterialmenge emessen; aber diese schwankt theils nach dem Reichthum der Be-kung, theils nach der Weite des Hochofens, theils nach localen Ge-heiten sehr bedeutend. So kommen Holzkohlengichten von 0,46 bis Cubikmet., Coksgichten von 6 bis 60 Ctr. vor. Einzelne Beispiele en weiter unten angeführt werden. Man kann nun zwar bei Hoch- mit offener Gicht mit einiger Uebung sehr leicht schätzen, ob der ge Raum zur Aufnahme einer neuen Schicht vorhanden ist; bedarf gen bei Hochöfen mit geschlossener Gicht eines besonderen Merk-. Man durchbohrt zu diesem Zwecke einen Theil des Gichtverschlus-am besten einen solchen, welcher möglichst nahe dem Centrum liegt, führt durch die Oeffnung einen Stab, der mit seinem unteren, mit Platte versehenem Ende auf der Beschickungsoberfläche lose auf- An der Stellung des aus dem Ofen hervorragenden Endes dieses es kann man die Grösse des jederzeit im Ofen vorhandenen Raumes t beurtheilen. Zuweilen verbindet man mit diesem Ende einen Draht, her bei der zur erneuten Beschickung richtigen Stellung ein Läute- in Bewegung setzt.

---

[1] Vergl. S. 10.

mischen, dagegen aber getrennt von den letzteren in der
dass stets eine den ganzen Querschnitt des Hochofens ein
Brennmaterial mit einer ebensolchen Schicht von Erz u
wechselt.

Da nun in tieferen Theilen des Ofens der ganze
Brennmaterials, sowie der Sauerstoff der Erze vergast w
aufwärts steigen, die übrigbleibenden Bestandtheile aber
in den flüssigen Aggregatzustand übergehen, in welchem
und Schlacken zum Theil beständig, zum Theil von Zeit
Ofen entfernt werden, so entsteht im unteren Theile des E
während ein freier Raum, in Folge dessen die aufgegeb
allmälig heruntersinken müssen. Bei diesem Herabsinke
sowohl die chemische Beschaffenheit der angegebenen M
Bestandtheile neue Verbindungen eingehen, als auch ih
Beschaffenheit und ihre gegenseitige Anordnung, und a
derungen stehen im engsten Zusammenhange.

Je nach der chemischen Constitution der Erze wer
derselben (Wasser, Kohlensäure) schon in höheren Theile
ausgetrieben, demgemäss wird theils das Volumen der
theils deren Porosität vergrössert oder ihr Zusammen
Hand in Hand hiermit geht die in Folge der Erhitzung
grösserung ihres Volumens. Dann folgt die Reduction,
sung des Sauerstoffs, die Aufnahme von Kohlenstoff, d.
Roheisen und der Uebergang aus dem festen in den flüs
zustand, wobei sich das Volumen wesentlich verkleinert.

In den meisten Fällen unterliegen die Zuschläge
Theilen ganz ähnlicher Veränderung; für dieselben fäll
Reduction fort und an ihre Stelle tritt die Verbindung

it beim Niedergange einen grösseren Raum einnehmen, als sie vorher assen. Dies gilt z. B. von vielen roh aufgegebenen Steinkohlen. End- ı findet eine vollständige Vergasung statt und nur die geringen Men- ı übrig bleibender Asche verbinden sich mit der flüssigen Schlacke.

Alle Arten von Materialien erleiden bei ihrem Niedergange einen tig wachsenden Druck durch die darüber liegenden Massen. Je höher ıer der Ofen ist und je leichter zerbrechlich oder zerreiblich ein Mate- l ist, in um so kleinere Stücke wird es allmälig zertheilt werden.

Beim Niedergange wird aber nicht nur jedes einzelne Stück festen iterials verändert, sondern es bleibt auch die Anordnung der einzel- ı Stücke gegen einander nicht dieselbe, ändert sich vielmehr soweit, s schliesslich im unteren Theile des Hochofens eine vollständige Mi- ung derselben eintritt.

Alle diese Veränderungen, welche wir als chemische, physikalische mechanische bezeichnen können, gehen zwar eng verbunden neben ınder her, aber sie werden, einzeln betrachtet, den klarsten Einblick lie Vorgänge, welche im Hochofen stattfinden, gewähren.

Physikalische und mechanische Veränderungen.

a. Korngrösse.

Es ist nicht gleichgültig, in welcher Grösse die Erze, Zuschläge Brennmaterialien den Ofenraum durchlaufen.

Je kleiner die einzelnen Stückchen sind, um so gleichmässiger und ıeller werden sie allen physikalischen und chemischen Einwirkungen ıgeben. Hiernach würde die Pulverform die zweckmässigste sein [1]). Pulverform ist aber aus mehreren anderen Gründen für den Hoch- unanwendbar.

Würde das gesammte Material in Pulverform angewendet, so de man im Hochofen eine so dichte Schmelzsäule erhalten, dass der strom, welcher durch Verbrennung vor der Form erzeugt werden soll, t aufwärts steigen könnte. Es würde auch da, wo die nicht vergas- Massen aus dem festen in den teigigen oder flüssigen Aggregatzustand zugehen anfangen, ein Zusammenbacken im ganzen Querschnitt des hofens stattfinden und in Folge dessen der gleichmässige Niedergang Materialien gehemmt oder wenigstens gestört werden.

Würde nur ein Theil des Materials in Pulverform angewendet, so

---

[1]) Die Anwendung von Pulver könnte nur in Form eines Staubstromes gesche- aber es ist eine noch zu lösende Aufgabe, hierfür geeignete Apparate aufzu- n. Vergl. Verhandlungen d. Vereines zur Beförderung d. Gewerbefleisses in ssen 1867. S. 143.

besonders sorgfältige Vertheilung, damit sie durch zwischenl
material- und eingemengte Zuschlags- (Kalkstein-) Stücke
gehalten, theils vor dem Vorrollen geschützt werden.
tritt in grösseren Tiefen auch bei sehr lockeren Erzen, z.
Spatheisensteinen, oder hinsichtlich des Brennmaterials bei
kohlen, zuweilen selbst bei sehr zerreiblichen Koks ein, we
darauf liegenden Massen zu Pulver zerquetscht werden.

Je poröser die Erze sind oder bei der Erhitzung v
grösser können die Stücke derselben sein, doch hat sich üb
sorgfältige Versuche in dieser Beziehung vernahm, herau
Wallnuss- bis Faustgrösse am vortheilhaftesten ist. Das
den Zuschlägen. Die Brennmaterialien kommen gewöhnli
in etwas grösseren Stücken, von Faustgrösse aufwärts, zur

Es ergiebt sich ganz naturgemäss, dass man darauf
alle gleichartigen Materialien in gleichgrossen Stücken au
sonst das grössere Stück langsamer den chemischen und
Einwirkungen unterliegt, als das kleinere, und daher z
dieser Einwirkungen einen grösseren Raum im Hochofen

Beide Regeln, sowohl die der hinreichenden Zerkleine
die der Zerkleinerung zu gleicher Grösse, werden in der
wenig beachtet. Schweden darf hierbei als Muster diener
darauf verwendete Sorgfalt macht sich überall bezahlt. En
Gegentheil als abschreckendes Beispiel gelten. Man pflegt
als kopfgrosse Erzstücke neben ganzen Wänden von Kalkst
zu stürzen. Man rechtfertigt dies damit, dass der Ofen
Roheisen in Menge erzeuge und dass die Kosten der Zer
spart würden. Es ist zwar wahr, dass die ökonomische Fra

mehr, je niedriger der Ofen ist, weshalb die Nachtheile derselben auch bei kleinen Holzkohlenhochöfen am meisten hervortreten.

b. Porosität.

Wenn Erze bei ihrer Erhitzung Bestandtheile gasförmig verlieren, z. B. Brauneisenstein Wasser, Spatheisenstein Kohlensäure, rohe Steinkohlen Kohlenwasserstoffe, so werden sie dadurch porös. Eine solche Porosität wird theils durch die Hitze im Ofen selbst, also innerhalb des Hochofenschachtes, theils ausserhalb durch Vorbereitung (in Röstöfen u. s. w.) bewirkt. Andere Erze (Rotheisenstein und Magneteisenstein) verändern sich beim Erhitzen in einer reducirenden Atmosphäre zwar chemisch nicht, aber in Folge der ungleichen Ausdehnung ihrer einzelnen Theilchen zerspringen oder zerreissen sie bei der Erhitzung.

Die festen Materialien werden im Hochofenschachte selbst weit unvollkommener porös als durch Vorbereitungsarbeiten in besonderen Apparaten ausserhalb desselben, weil im Hochofenschachte die Temperatur nur allmälig steigt, weil auf diese Steigerung keine Abkühlung folgt, und endlich weil der Druck, unter welchem die Vergasung gewisser Stoffe stattfindet, der Regel nach im Hochofen ein höherer ist.

So werden namentlich die Koks, welche aus einer rohen Steinkohle im Hochofen selbst erzeugt werden, viel dichter, als die aus derselben Kohle im Koksofen dargestellten Producte.

c. Veränderungen in der Anordnung.

Die Erz-, Zuschlag- und Brennmaterialstücke verändern ihre Lage gegeneinander beim Niedergange im Hochofen aus mehrfachen Gründen: Erstens verändert sich der Regel nach der Querschnitt eines Hochofens von der Gicht nach der Form zu. Mit zunehmender Weite breiten sich die Materialien aus und jede Schicht verliert an Dicke. Zweitens hält die Reibung der sich bewegenden Materialien an den feststehenden Wänden die dort befindlichen Stücke zurück, so dass die in der Axe des Ofens liegenden Theile der Beschickung schneller nach unten sinken können. Drittens ist das specifische Gewicht der Materialien ein verschiedenes. Im Durchschnitt sind die Brennmaterialien am leichtesten, die Erze am schwersten, die Zuschläge liegen in der Mitte. Beim Niedergange werden daher die Erze das Bestreben haben, voran zu eilen und die Brennmaterialien aus der Mitte an die Wände des Hochofens zu drängen.

Vorausgesetzt, man habe es mit einem vollkommen cylindrischen Schachte und mit Materialien von gleichem specifischen Gewichte zu thun, so würden in Folge der Einwirkung des zweiten Grundes, der Reibung an den Wänden, Schichten, welche an der Gicht mit horizontalen Begren-

den Schichten angegeben werden, ersteres aber der spe
Körper ist, so werden beim Herabsinken in einem cylind
die Brennmaterialschichten nach und nach in der Mitte sch
Wandung stärker werden. Je weiter der Ofen ist, um so
hervortreten. Aendert sich der Querschnitt des Ofens, so
weiterung die angegebene Veränderung in der Anordnung
begünstigen. Bei Hochöfen mit engen Gichten und weit
z. B. bildet sich in letzterem oft ein vollständiger todte
Kohlen allein. Das Letztere ist durch zahlreiche Beispiel
bewiesen worden.

Rinmann hat bei seinen Gasuntersuchungen vermi
tungen durch Gläser am Hochofen zu Harnäs, welcher 12,
besitzt, gefunden, dass von der Mitte bis zu 9,84 Meter
zu etwa $^3/_4$ der Höhe, die Kohlen an den Wänden festlieg
ferner einen Hochofen auskratzt, um die Materialien aus
wendung von Gebläsewind zu entfernen, ein Fall, der z.
digungen der Gebläsemaschine u. s. w. vorkommt, so erhä
das rechte Gemisch von mehr oder weniger veränderten E
gen und Kohlen, zum Schluss aber einen grossen Ueberscl
Sobald nämlich die Materialien bis zum weitesten Theil
niedergesunken sind, fallen von den Wänden die Kohlen au
derselben und gelangen so zuletzt in überwiegender Menge
ren Raum heraus.

Es ist bisher von der Voraussetzung ausgegangen, d
des Ofens parallele abwechselnde Lagen von Erz samm
Brennmaterial geschüttet werden.

Geschieht die Begichtung nicht in dieser Art, so wir
gerung der niedersinkenden Materialien den angegebene

zwei concave Flächen begrenzte Erzschichten in tieferen Theilen des Ofens ganz parallele, d. h. durch horizontale Flächen begrenzte Schichten zu erhalten.

So einfach diese Deductionen erscheinen, so sind sie doch häufig nicht nur in der Praxis, sondern auch von theoretischen Eisenhüttenleuten übersehen, ja selbst geleugnet worden. Den Anstoss zu einer eingehenden Discussion des Gegenstandes gab das Lehrbuch der Hüttenkunde von Scheerer[1]), dessen Abbildungen allerdings der Vermuthung Raum geben können, dass sich der Verfasser ein gleichmässig horizontales Niedersinken der nur gemäss der Zunahme des Querschnittes in der Stärke abnehmenden Schichten gedacht habe[2]).

Wachler versuchte zuerst die Unhaltbarkeit einer solchen Annahme ausführlich nachzuweisen[3]).

In das Extrem waren englische Schriftsteller verfallen. So hatte namentlich Gibbons die Ansicht aufgestellt, dass nach den unteren Theilen des Ofens zu, in Folge des schnelleren Herabsinkens der festen Materialien in der Mitte als an den Wänden, sich eine Art Wirbel oder eine Reihe von Wirbeln bilden müsse, wie man dies beim Sande eines Stundenglases sehen könne[4]).

Richtiger hatte Kenyon Blackwell den Vorgang aufgefasst. Er schrieb 1856[5]) einen Aufsatz über die Construction der Hochöfen, in dem er Folgendes ausspricht: „Die Annahme einiger Hochofentheoretiker, dass die Materialien trotz ihres sehr verschiedenen specifischen Gewichtes durch den Ofen in denselben bestimmten Lagen gehen, wie sie an der Gicht aufgegeben wurden, ist gänzlich irrig. Sie gehen vielmehr in verticalen Linien hinab, sich mit einander parallel, aber mit verschiedener Geschwindigkeit bewegend, wodurch eine vollständige Durcheinandermischung des Ganzen hervorgerufen wird. Das Innere des Hochofens sollte daher so eingerichtet sein, dass nirgends diese Bewegung der absteigenden Säule unterbrochen wird, noch dass durch zu schnelles Zusammenziehen des Ofenquerschnittes die aussen liegenden Theile der Materialien gehindert werden, während die innen befindlichen, vertical über dem Heerd liegenden jene in ihrem Niedergange zurücklassen."

Percy bemerkt hierzu: „Wenn der Niedergang in verticalen Linien stattfindet, so müssen diese natürlich parallel sein; aber wie solche Ver-

---

[1]) 2. Bd. 1. Lief. 1853. S. 13. Fig. 120 u. f. — [2]) Andererseits darf man die Absicht, einen idealen Querschnitt zur Verdeutlichung der angenommenen chemischen Ofenzonen darzustellen, nicht verkennen und deshalb keinen zu kritischen Maassstab an diese Zeichnung legen. — [3]) Preuss. Zeitschr. für das Berg-, Hütten- und Sal.-Wes. Bd. III, S. 269. — [4]) In seinem Werke: Practical Remarks on the Construction of the Staffordshire Blast Furnace etc. Birmingham 1844. 8. Append. p. 21 sagt der Verfasser John Gibbons: „Ich glaube nicht, dass die Materialien gleichzeitig oder in horizontalen Ebenen niedergehen, wie etwa ein Kolben in seinem Cylinder abwärts steigt, sondern dass sie in einer Art Strudel oder Wirbel hinabsinken, wie der Sand in einem Stundenglas." — [5]) Journal of the Society of Arts, 4. p. 113. Jan. 1856.

letzteren den unteren Theil des Hochofens erreichen, '
nicht der Fall ist, und umgekehrt könnte gar kein Be
Hochofen mit dichterem Brennmaterial als Holzkohle,
Anthracit und einem grösstentheils viel weniger dichten
eisenstein, z. B. Brauneisenerz etc. stattfinden. Die fe
einem Hochofen sind so dicht zusammengepackt, namentli
ren Theilen des Hochofens in Folge der darüber ruhender
specifische Gewicht keinen nennenswerthen Einfluss auf d
keit des Niederganges haben kann. Uebrigens liegt e
zwischen den beiden Behauptungen Blackwell's, das
Materialien in verticalen Linien niedergehen, und sich a
vollständig mischen."

Percy geht entschieden zu weit, wenn er den Einfl
schen Gewichtes ganz leugnet. Bei ruhenden aufeina
Stücken tritt derselbe allerdings nicht hervor, bei der
cher Massen aber treten ähnliche Erscheinungen auf,
Bewegung von Flüssigkeiten in Röhren zu beobachten
die Acceleration der specifisch schwereren Theile.
auch Blackwell's Ansicht, dass jedes einzelne Stück
sinke, unbegründet, denn dann müsste man annehmen,
rückenden Massen im Hochofen nur den inneren Theil,
Cylinder vom Durchmesser der Gicht ausfüllen, dass dag
dieses Körpers ein vollständig ruhender Mantel liege, d. h
breitung der festen Materialien beim Eintritt in weitere
auch ein Seitendruck gar nicht stattfinde.

Das Voreilen specifisch schwererer Körper beim Ni
Gemisches in einem Rohre lässt sich durch Experimente i

vielfach gekrümmt und gewunden, an den Wänden des Hochofens dagegen bietet sich stets auf einer Seite eine nur schwach gekrümmte Fläche. Die Gase werden mithin stets das Bestreben haben, an den Wänden aufzusteigen, wie dies in der Praxis auch leicht wahrnehmbar ist. Dies Bestreben wird um so mehr begünstigt, je grösser das Verhältniss des Umfanges zum Inhalte, d. h. je enger der Ofen ist. Es ist freilich hier eine gewisse Grenze zu bemerken. Bei Oefen, welche an der Gicht stark zusammengezogen sind, wird das im Kohlensack auf einen grossen Querschnitt vertheilte Gas immer mehr an die Wandung gelangen und diese nicht wieder verlassen und daher wird es für jeden Fall eine bestimmte zweckmässigste Gichtweite im Verhältniss zum Kohlensack geben müssen, bei welcher die Gase unter sonst gleichen Umständen am vollkommensten vertheilt werden.

Zwischen den Stücken selbst wird der Weg da am kürzesten sein, wo die grössten Klumpen liegen, am längsten dagegen, wo die feinsten Körner sich befinden. Will man daher die Gase von den Wänden ab in die Mitte des Ofens leiten, so muss man dafür sorgen, dass die grössesten Stücke in die Mitte, die feineren Theile an die Wände kommen.

Ferner bieten diejenigen Materialien den besten Weg für die Gase, welche am porösesten sind, da die Gase, wenigstens zum Theil, nicht um sie herum, sondern durch sie hindurch strömen können. So werden die Brennmaterialien in den meisten Fällen den leichtesten Durchgang gestatten. Dadurch, dass man die Brennmaterialien in die Mitte des Ofens bringt, wird also ebenfalls der Gasstrom hierhin gezogen.

Das vorherrschende Aufsteigen des Gasstromes in der Mitte des Ofens ist ebenso nachtheilig als das umgekehrte Verhältniss. Es wird mithin auf eine derartige Vertheilung der grossen und kleinen, der porösen und dichten Stücke Rücksicht genommen werden müssen, dass den Gasen zwar der Weg im Inneren des Ofens erleichtert wird, sie aber nicht ausschliesslich dahin gezogen werden.

Je grösser die absolute Weite des Hochofens, um so sorgfältiger wird auf eine richtige Vertheilung der Materialien zu achten sein, weil der Gasstrom, sich auf einen grösseren Querschnitt vertheilend, grössere Unregelmässigkeiten bedingen kann, als bei engen Oefen. Je niedriger ein Ofen ist, um so grösseren Nachtheil wird eine falsche Anordnung der Materialien herbeiführen, weil der Weg, auf dem die Gase ihre Wirksamkeit äussern müssen, ein kürzerer ist und schon eine geringe Veränderung in der Länge dieses Weges einen verhältnissmässig grossen Einfluss ausüben muss.

Je mehr und je plötzlicher sich der Ofen von der Gicht aus erweitert, um so mehr wird, wie bereits erörtert, das Gas nach den Wandungen streben, eine verhältnissmässig um so grössere Auflockerung in der Mitte also nöthig werden. Dieser letzte Umstand ist in der Praxis oft nicht beachtet worden, und es giebt zahlreiche Beispiele, wo man bei einem Hochofen mit grossem Misserfolge eine Begichtungsmethode ein-

führte, welche sich auf einem anderen Werke sehr wohl bewährt hatte, nur weil die Gicht zu eng war. Ein Ofen, welcher sich möglichst der cylindrischen Form anschliesst, wird in dieser Beziehung unter allen Umständen am vollkommensten arbeiten.

Parry zu Ebbw-Vale hat diesem Punkte seine besondere Aufmerksamkeit zugewendet. Er fand, dass Oefen, welche ursprünglich mit zu engen Gichten gebaut waren, um gute Schmelzeffecte zu geben, sich verbessern liessen durch Einbau eines conischen Begichters von kleinem Durchmesser; und dass solche, welche an dem entgegengesetzten Fehler einer zu weiten Gicht litten, in gewissem Grade durch Anwendung möglichst grosser conischer Begichter verbessert werden konnten, vorausgesetzt, dass die Wände im oberen Schachttheile beinahe vertical niedergingen, also der Ofen sich nicht sehr schnell erweiterte. Der Zweck ist, die Erze nahe an die Wandungen bringen und in Folge dessen die grösseren Klumpen zum Hinabrollen in die Mitte zu zwingen, wie dies bereits Seite 635 erörtert worden ist.

Wenn Parry übrigens den durch eine derartige Beschickung hervorgerufenen Effect in Bezug auf gleichmässige Vertheilung der Gase zum Theil der verschiedenen Druckhöhe zuschreibt, welche in Folge der concaven Oberfläche der Beschickung an der Gicht hervorgerufen werde, so berücksichtigt er nicht, dass die Differenz selbst im günstigsten Falle beinahe verschwindend klein gegen die Gesammthöhe der Beschickungssäule ist.

Parry führt mehrfache Beispiele zur Stütze seiner im Uebrigen richtigen Behauptung an. Er zeigt, dass eine mangelhafte Beschickung auch bei offenen Hochöfen, deren Gase nicht benutzt werden, denselben Nachtheil wie bei geschlossener Gicht hervorrufe. Die Beschickungsplatte (*charging plate*[1]), sagt er, müsse so angeordnet sein, dass die Mündung des Füllgefässes nicht weit in den Ofen ragen könne und daher die Erze gezwungen würden, nahe an die Wandungen zu fallen, dann würden auch hier die grösseren Klumpen in das Centrum hinüber rollen, während die kleineren an den Wänden liegen bleiben, und es werde der aufsteigende Gasstrom dort befördert, hier abgedämmt werden[2]."

In Bezug auf Oefen mit Gasentziehungsapparaten berichtet Parry von folgendem sehr lehrreichen Beispiele: „Ein Hochofen mit verhältnissmässig weiter Gicht war mit einer in den Schacht eingesenkten Röhre[3] versehen. Es trat bei demselben in Folge ungleichmässigen Gasaufzuges ein häufiges Kippen der Gichten ein. Man versuchte durch Anwendung eines Parry'schen Trichters[4]) Abhülfe zu schaffen. Aber der Apparat, der bei anderen Hochöfen bereits so nützliche Dienste geleistet hatte, versagte seinen Dienst. Dem Beobachter fiel es auf, dass der ...lcher nunmehr nur bis auf eine Tiefe von 1,8 oder 2,1 Meter

...e *h* Fig. 1. S. 7. — [2]) Proceedings of the South Wales Institute of En... ...p. 31. Jan. 1858. — [3]) Vergl. S. 335. — [4]) Vergl. S. 342.

unter der Gicht, wo er 4,1 Meter Durchmesser hatte, gefüllt werden konnte, eigentlich eine ganz neue Form habe, nämlich bei der von 13,4 Meter auf 11,28 Meter verringerten Höhe eine 4,1 Meter statt 2,44 Meter weite Gicht, und dass in Folge dessen die Gase freier aufsteigen konnten, als vorher und zwar im Verhältniss der Umfänge beider Gichten, also wie 25:42. Bei der Bohrung eines Loches durch die Wand des Ofens etwa in der Höhe der Rast fand sich dies wirklich, aber in weit höherem Grade, als man erwartet hatte. Zwei Fuss innerhalb waren Koks und andere Materialien in Weissglut; aber etwas weiter nach dem Centrum zu fanden sich Stücke schwarzer glänzender Kohle und Eisensteine, welche nicht einmal Rothglut erlangt hatten. Man ging nun mit dem Begichter künstlich fünf Fuss höher, d. h. beinahe bis zur früheren Höhe, worauf der Ofen nach Wunsch arbeitete. Dass nicht etwa die verminderte Höhe die alleinige Ursache der Unregelmässigkeit des Hochofenganges war, wurde später bewiesen, wo der Hochofen, nachdem er behufs Reparaturen ausgeblasen und neu zugestellt worden war, bei einer Höhe von 11,28 Meter eine 2,28 Meter weite Gicht (die Hälfte des Kohlensacks) erhalten hatte. Man benutzte denselben Begichtungsapparat, welcher sich vorher nicht bewähren wollte, und arbeitete nun fünf Jahre ungestört fort, machte gutes Giessereiroheisen, gewann alles Gas und der Ofengang folgte dem Leiter wie der eines jeden anderen guten, offenen oder geschlossenen Ofens es nur kann."

Wenn man die Erscheinungen ins Auge fasst, welche im Hochofen auftreten, so muss man voraussetzen, dass der Hochofengang der beste sei, bei welchem alle Erzstücke in gleicher Tiefe gleichmässig reducirt sind. Hat man es mit ungleichförmigen Erzstücken zu thun, so wird bei gleicher Geschwindigkeit des Gasstromes, gleicher Geschwindigkeit des hinabsinkenden Erzes und gleicher Porosität des letzteren das kleinere Stück schneller reducirt werden als das grössere.

Wenn nun die grösseren Klumpen absichtlich nach der Mitte zugeführt werden, damit dadurch dort das Aufsteigen des Gasstromes erleichtert und in Folge davon jeder Theil jeder Zone in gleicher Zeit von demselben Volumen Gas durchströmt wird, so wäre nicht einzusehen, wie die Reduction in diesen grossen im Centrum liegenden Stücken ebenso schnell voranschreiten sollte, wie in den kleineren an den Wänden. Da nun aber die Erfahrung bei einer derartigen Vertheilung den gleichmässigsten Gang zeigt, so muss man annehmen, dass nicht allein die Geschwindigkeit des Gasstromes, sondern auch die Menge des Gases (genauer gesagt der Reichthum an Kohlenoxyd) auf die Schnelligkeit der Reduction einwirkt, was um so mehr zutreffen wird, da mit der Menge des Gases im Gegensatz zu dem Volumen der Erze, mit denen es in Berührung kommt, auch die Temperatur steigen muss. Wenn Parry daher ausspricht, dass „ein Zustand von Vollkommenheit nur existiren könne, wenn die Linien [1])

[1]) Es sollte heissen Flächen.

[illegible]

[illegible] Bei der Versammlung, [illegible] Fragendes [illegible] K... guten Frischereiroheisens [illegible] Monate [illegible] Die Weite des Gestelles, welche [illegible] betrug, hatte sich auf 4,1 Meter erweitert; die Rast war [illegible] kaum eine Spur ihrer ursprünglichen Form zu finden."

e. Störungen beim Hochofenbetrieb.

Mag auch der Hochofen für Personen, welche mit seinem Betriebe ktisch nicht bekannt sind, als ein sehr einfacher Apparat erscheinen, nicht leicht ausser Ordnung kommt, so stellt sich doch die Sache in klichkeit ganz anders. Er erfordert grosse, nur durch lange Erfahg zu erreichende Sorgfalt; er lässt sich durch scheinbar untergeord- Ursachen stören. Beispiele davon haben sich schon bei der Betrach- der Gasentziehung ergeben, es sollen noch mehrere mitgetheilt den.

Die Störungen äussern sich hauptsächlich durch zwei Erscheinungen, he man das Hängenbleiben und Stürzen (*scaffolding*) und das pen (*slips*) der Gichten nennt.

Das Hängenbleiben der Gichten besteht in einem Feststehen einer se der festen Materialien in irgend einem Theile des Hochofens. Auf Hängenbleiben folgt gewöhnlich ein plötzlicher Niedergang, welcher dem Ausdruck Stürzen bezeichnet wird. Die Form des Inneren s Hochofens ist, wie man voraussehen kann, von beträchtlichem Ein- auf die Herbeiführung dieses Uebelstandes. Scharfe Kanten, welche bei der Gestalt alter Oefen mit sehr weiter und flacher Rast und eng ammengezogenen Gestellen vorfinden, müssen nothwendiger Weise das genbleiben begünstigen. Aber das Hängenbleiben tritt auch bei Hoch- von guter Form auf, bei denen keine scharfen Kanten vorkommen, dern deren Begrenzungscurven sich allmälig und regelmässig von der ht bis zum Boden verlaufen, und rührt dann von einem fehlerhaften hofengange her.

Erz und Zuschlag kann z. B. nicht richtig abgemessen sein, um eine eichend flüssige Schlacke hervorzurufen; das Erz kann sehr schwer nelzbar sein und in zu grossen Stücken angewandt werden, um einen eichenden Grad von Berührung mit den Zuschlägen zu gestatten; Verhältniss des Brennmaterials kann derartig sein, dass nicht die derliche Hitze zur hinreichend schnellen Bildung und Schmelzung Schlacke hervorgerufen wird; das Brennmaterial kann zu schlecht wie dies z. B. bei Koks vorkommt, welche zu zerreiblich sind, um darauf lastenden Gewicht zu widerstehen und welche in bedeutender ge zu Pulver reducirt werden, so dass der Gasstrom in seinem Auf- ge von den Düsen gehemmt wird. Die Temperatur wird in solchen n erniedrigt, die Schlacke wird dick und bringt eine zusammenge- ene Masse hervor, welche die darüber ruhenden Massen wie ein Ge- e trägt.

Wenn die festen Materialien unterhalb der zusammengebackenen cht (*scaffold*) tiefer herabsinken und ein hohler Raum entsteht, so gt oft ein plötzlicher Bruch und die oberen Schichten stürzen hinab.

[illegible]

... [illegible] Man versuchte sie durch Vergrösserung der Windpressung auf 0,33 bis 0,4 Kil. pro □Centim. und Erhöhung der Temperatur auf etwa 300° C. zu überwinden, aber ohne Erfolg.

Noch viel schwieriger sind Versetzungen im Gestell zu vermeiden, wenn sie in Folge falscher Betriebsführung von erkaltetem Roheisen herrühren, welches mit Schlacke gemischt erstarrt und oft allen Versuchen zur Entfernung trotzt. Es gehört zu den schwierigsten und anstrengendsten Arbeiten der Eisenhüttenmänner, derartige Uebelstände zu beseitigen. Das folgende von Valérius[1]) mitgetheilte Beispiel von einem Hochofen zu Seraing giebt ein anschauliches Bild:

Der Hochofen zeigte ein beständiges Kippen und Hängenbleiben der Gichten, welches vier Stunden oder länger anhielt; der Ofen war so [illegible], dass Flamme und Schlacke mit Heftigkeit aus dem Vorheerde ausgeworfen [illegible] trotz aller Mühe, sie zurückzuhalten; die Formen erschienen

[1]) [illegible] Pratique de la Fabrication de la Fonte. 1851. p. 490.

umgeben von erhärteten Massen. Diese Versetzung an den Formen liess erst nach, als es nach vielfachen Versuchen gelungen war, dem Winde, welcher nicht im Ofen aufsteigen konnte, einen anderen Ausweg zu verschaffen.

Man versuchte den Abstich; nach vergeblicher, mehrere Stunden auernder, anstrengender Arbeit mit einem Spitzhammer gab man es uf, das Stichloch in der gewöhnlichen Höhe durchzubringen, und es geng endlich, etwa 30 Centimeter höher eine Oeffnung zu machen, aus elcher nur ein klein Wenig schwarzer dicker Schlacke ausfloss. Man achte eiligst so viel wie möglich das Gestell frei und liess das vorher gestellte Gebläse wieder an. Eine halbe Stunde nachher erreichte die hlacke die Formen; man versuchte ihr einen Ausfluss zu verschaffen, d als es endlich gelungen war, eine Brechstange durch die Brust des fens in das Gestell zu treiben, und diese vermittelst eines Krahnes wieer herauszuziehen, wobei sich zeigte, dass sie kaum am Ende rothühend geworden war, wurde die Schlacke hier frei und der Wind blies e mit Gewalt heraus. Erst nach 24 Stunden lang fortgesetzter Anstrenung wurde man der Versetzungen Herr und erst nach 14 Tagen konnte er Ofen seine gewöhnliche Beschickung aufnehmen. Während der gann Zeit der Versetzung entwichen nur schwache blaue Flammen aus der icht.

Valérius berichtet mit grosser Genauigkeit verschiedene Unfälle ieser Art, welche auf den Serainger Hochöfen vorgekommen sind und um Theil ganz unversehens eintraten. Er beschreibt einen Fall, in elchem ein Theil des Kernschachtes oberhalb der Rast sich loslöste und den Heerd gelangte, aber nur vorübergehende Störungen herbeiführte, dass der Hochofen im Gange erhalten werden konnte[1]).

Zuweilen wird eine Versetzung durch das sogenannte Vorrollen ervorgerufen. Dies besteht in einem so schnellen Niedersinken pulerförmiger oder durch Zerdrückung pulverförmig gewordener Erze wischen den von den gröberen Materialien gebildeten Räumen, dass ie Reduction trotz der Kleinheit der Stücke nicht vollendet werden ann und letztere daher nicht hinreichend vorbereitet in den Schmelzaum gelangen, wo sie zur Bildung einer eisenhaltigen Schlacke Veranssung geben, welche ihrerseits wieder entkohlend auf das im Ofen bendliche Roheisen einwirkt.

Bei allen solchen Unfällen muss es die erste Aufgabe des Hochofeneisters sein, die Ursache zu erforschen. Das zweckmässigste Gegenittel ergiebt sich dann meist ohne Schwierigkeit.

Vor allen Dingen ist darauf hinzuarbeiten, die angesetzten Massen ieder in Fluss zu bringen und das kann, wenn der Ofen noch nicht zu ark abgekühlt ist, gewöhnlich durch Einblasen von Kohlenstaub, von alz oder Flussspath mit dem Winde, durch Ausarbeiten mit Brechstan-

[1]) Vergl. auch Karsten, Eisenhüttenkunde Bd. III. S. 167.

Das Erz I. war pisolitisch und bestand aus sehr runden, die einer Erbse nicht überschreitenden Körnern. Das Pulver desselb bräunlich gelb. Es wurde zu La Chapelle bei Saint Quillain Saône) gewonnen (vergl. S. 390, Gruppe 4.).

Das Erz II. bestand aus kleinen oolithischen Körnern von Eis hydrat, welche in einer thonig-kalkigen Grundmasse zerstreut war kam im unteren Theil der Kalksteine der obersten jurassischen vor. Es wurde zu wallnussgrossen Stücken zerbrochen. Der in und kaustischem Kali unlösliche Rückstand war aus Körnern w lin-Quarz zusammengesetzt, was sich unter der Loupe leicht e liess, und gemischt mit einer kleinen Menge sehr weissen und l Thones. Das Erz enthielt etwas Phosphorsäure, welche nicht b wurde, und hin und wieder einige Theilchen Schwefelkies. Der ort war Laissey (Doubs)[1]).

Die Schlacke III. war schlecht geschmolzen und voller Blase ren griffen sie leicht unter Entwickelung von etwas Wasserstoff a Gegenwart einer merklichen Menge Chromoxyd ist merkwürdig i weist, dass das Roheisen von Clerval dieses Metall enthielt.

Die Resultate von Ebelmen's Versuchen sind im Folgenden mengestellt.

Erste Versuchsreihe mit dem Erze von La Chapelle.

	I.	II.	III.
Wasser	5·2	0·6	—
Metallisches Eisen	—	—	Spur
Eisenoxydul	3·2	32·5	41·8
Eisenoxyd	63·4	33·0	26·0
Manganoxyd	0·4	0·5	0·6
Kalk	—	—	—
Thonerde (löslich)	6·6	8·2	8·0
Chromoxyd	—	—	—
Kieselsäure (löslich)	6·0	7·0	7·8
Thon: Kieselsäure	13·2	16·8	14·8
Thon: Thonerde	2·0	1·4	1·0
	100·0	100·0	100·0

[1]) Vergl. S. 390.

Zweite Versuchsreihe mit dem Erze von Laissey.

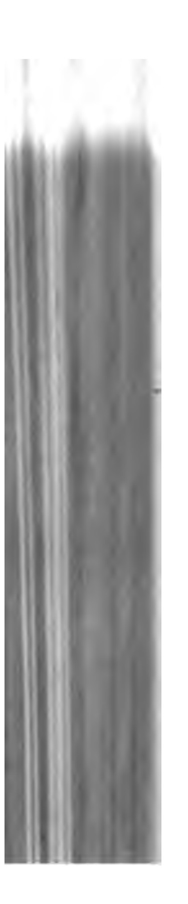
	I. a.	II. a.	III. a.	IV. a.
asser	3·8	—	—	—
hlensaurer Kalk	41·0	40·6	26·6	—
ustischer Kalk	—	—	4·0	37·4
tallisches Eisen	—	—	—	10·0
enoxyd	37·0	27·8	24·1	—
enoxydul	Spur	12·7	17·5	30·2
nganoxyd	0·4	0·4	0·4	0·4
romoxyd	Spur	—	—	Spur
onerde (löslich)	3·2	3·1	4·0	3·0
eselsäure (löslich) }	14·6	15·4	{ 4·7	6·4
arz }			{ 17·3[1]	12·2
	100·0	100·0	98·6	99·6

[1]) Thon und Sand.

Bemerkungen zu den vorhergehenden Analysen:

I. u. I. a. Die Producte waren gleich lange Zeit in der Glocke ge-esen. Das Erz von La Chapelle befand sich im Zustande von Körnern, as von Laissey in ziemlich grossen Stücken; Bruchstücke gewöhnlicher olzkohle waren mit dem Erze zusammengethan. Die Glocke wurde in en Ofen zwischen Holzkohlen niedergelassen und nach zwei Stunden aus ner Tiefe von 2·50 Meter aufgezogen. Sie war nicht rothglühend. Der fen war inzwischen noch zweimal beschickt worden. Das Pulver des Erzes on La Chapelle war dunkelroth mit geringem Stich ins Schwarze. Eine trächtliche Menge liess sich vom Magneten anziehen. In dem kalkigen rze von Laissey schien die Reduction noch nicht begonnen zu haben. as Pulver war hellroth, ohne Schattirung nach Braun und kaum einige artikelchen wurden durch den Magneten angezogen.

II. u. II. a. Beide Erze waren gleichzeitig in der Glocke nieder-elassen, verblieben 4 Stunden 25 Minuten im Ofen und wurden aus iner Tiefe von 4·35 Meter herausgezogen. Im Augenblick des Austritts us dem Ofen erschienen sie dunkel rothglühend. Der Ofen war inzwi-chen sechsmal beschickt worden. Das Pulver des La-Chapelle-Erzes war ein schwarz und vollständig durch den Magnet anziehbar geworden. ie Erztheilchen hatten ihre Form nicht verändert, sondern waren nur rbrechlicher als vorher. Ebenso war das Erz von Laissey schwarz ge-orden und alles Eisen darin in den Zustand des Oxydoxyduls überge-ngen.



zu einem Teige angemachtem, gelöschtem Kalk angefer
Sonne getrocknet waren, wobei sie so hart wurden, dass
des Fingers widerstanden. Die Glocke, welche mit dies
Materialien gefüllt war, wurde in den Ofen zwischen Ho
eingelassen und blieb im Ofen 6 Stunden 25 Minuten,
Zeit der Ofen elf Mal beschickt wurde, nämlich alle 3
dem Tage des Versuches arbeitete der Ofen schneller als
Glocke wurde aus einer Tiefe von 5·70 Meter emporgezog
rothglühend, als sie den Ofen verliess; sie war merklich
Temperatur, welcher sie ausgesetzt gewesen war, hinreic
eisen weich zu machen. Das Erz von La Chapelle hatt
schmelzen. Seine einzelnen Partikelchen waren zusamm
indessen ihre Form verloren zu haben. Ihre Oberfläc
und zeigte beginnende Verschlackung. Sie waren leicht
das Pulver zeigte eisengraue Farbe; es enthielt eine bet
metallisches Eisen, welches sich ausplatten liess und u
metallischen Glanz annahm. Unter der Einwirkung
wickelte es viel Wasserstoff, welcher denselben Geruch
Eisenfeilspähne unter denselben Verhältnissen entwickeln,
men bemerkt, beweist, dass das reducirte Eisen bereits
genommen hatte. Aus der Analyse ergiebt sich, dass
grosse Menge im Erze ursprünglich freier Kieselsäure nu
getreten war. Das Laissey-Erz hatte seine Form beha
desselben war hellgrau geworden. Die Analyse desselben

Grund vorhanden, zu glauben, dass in diesem Falle eine Verbindung zwischen dem Eisenoxydul und der Kieselsäure gebildet war, trotz der geringen Menge gelatinöser Kieselsäure und der grossen Menge kaustischen Kalkes in dem Erze.“ Doch, selbst wenn man Berthier's Behauptung und Ebelmen's Analyse als richtig anerkennt, so ist durch diese Schlussfolgerungen die Schwierigkeit einer richtigen Erklärung nicht gehoben. Wie 30·2 Proc. Oxydul im Zustande des Silicates bei Gegenwart von 37·4 Proc. Kalk und nur 6·4 Proc. Kieselsäure bestehen konnten, ist geradezu unverständlich und man darf wohl den Verdacht eines Irrthums hegen.

Die dem Versuche unterworfene Schlacke und die Mischung derselben hatten folgende Zusammensetzung erhalten:

	Schlacke für sich	Mischung der Schlacke
Metallisches Eisen	4·7	28·9
Eisenoxydul	82·2	32·0
Manganoxyd	0·7	0·5
Chromoxyd	0·8	0·4
Kalk.	—	16·8
Thonerde.	0·4	1·2
Kieselsäure, löslich . . .	10·2	13·2
Kieselsäure als Sand . . .	1·0	—
Unlöslicher Rückstand . .	—	5·4
Holzkohle	—	1·2
Schwefel	—	0·1
	100·0	99·7

Die Fragmente der Schlacke hatten weder in Form noch im Charakter ihres Bruches irgend welche Veränderung erlitten. Ihre Oberfläche war nur hellgrau geworden und nahm beim Reiben einen metallischen Glanz an. Die Bruchstücke der Schlacke in Ziegelform waren nur durch Reibung abgerundet worden; ihr Pulver war sehr hellgrau. Nach Ebelmen war der grössere Theil ursprünglich beigemischter Holzkohle verflüchtigt, sei es durch Reduction des Eisenoxyduls, sei es durch Zersetzung des Wassers aus dem Kalkhydrat. Der Werth des Kalkes in der Ausscheidung des Eisenoxyduls aus seiner Verbindung mit Kieselsäure und in der Beförderung der Reduction wird durch die Analyse klar bewiesen. Ebelmen lenkt die Aufmerksamkeit auf die schon lange vorher von Berthier vorausgesetzte Thatsache, dass Schlacken, welche im Wesent-

lichen aus kieselsaurem Eisenoxydul bestehen, sich wahrscheinl
Vortheil verschmelzen liessen, wenn man sie als Pulver mit K
Holzkohlenklein mischt und in Ziegelform bringt[1]). Die grösser
Kieselsäure, welche sowohl im löslichen als unlöslichen Zustande
Schlacke der Ziegel im Vergleiche zu der ursprünglichen Schla
handen ist, schreibt Ebelmen den erdigen Substanzen in dem
lichen Holzkohlenstaub zu, welche er in dem Experiment gebrauc

Ebelmen hat diese Resultate in der folgenden Tabelle zu
gestellt, um klarer den Schnelligkeitsgrad der Reduction beide
Erz in den vier verschiedenen Tiefen des Ofens, welche untersuc
den, zu zeigen:

	Meter		
Tiefe unter der Gicht	2·5	4·35	5·(
Zahl der Chargen	3	6	8
Erz von La Chapelle.	Gewichtstheil		
100 Theile sind reducirt zu	89·30	82·31	81·2
100 Theile haben verloren: Wasser	10·40	14·40	15·0(
100 Theile haben verloren: Sauerstoff	0·30	3·30	3·78
100 Theile Eisenoxyd haben verloren an Sauerstoff	0·48	5·55	6·33
Mittlere Geschwindigkeit der Reduction	0·16	1·69	0·39

Erz von Laissey.	Gewichtstheile		
100 Theile sind reducirt zu	93·60	88·79	84·74
100 Theile haben verloren: Wasser	6·40	10·00	10·00
100 Theile haben verloren: Sauerstoff	0·00	1·21	1·66
100 Theile haben verloren: Kohlensäure	0·00	0·00	3·60
100 Theile Eisenoxyd haben verloren an Sauerstoff	0·00	3·34	4·58
Mittlere Geschwindigkeit der Reduction	0·00	1·12	0·62

Die Reductionsgeschwindigkeit ist in jedem Experiment abg
durch Division des Gehalts an Sauerstoff, welcher von 100 T
Eisenoxyd in dem Zwischenraum zwischen zwei auf einander folg
Experimenten geliefert wird, durch die Zahl der Chargen, welc
letzteren trennt. Um z. B. die mittlere Reductionsgeschwindigk

[1]) Traité des Essais. 2. p. 305; vergl. auch S. 533.

Erzes von La Chapelle zu finden in demjenigen Theile des Ofens, welcher zwischen der dritten und sechsten Charge liegt, genügt der Bruch $\frac{5{\cdot}55 - 0{\cdot}48}{3} = 1{\cdot}69$. Ebelmen zog es vor, die Reductionsgeschwindigkeit aus der Chargenzahl und nicht aus der Zeit, welche das Erz im Ofen verblieb, abzuleiten, und zwar aus folgendem Grunde: Die Chargen sind im Volumen constant, das Erz wird daher bei zwei auf einander folgenden Experimenten immer in gleicher Höhe im Ofen sein, wenn es von derselben Zahl Chargen bedeckt ist; während im Gegentheil das Erz in Folge der variirenden Geschwindigkeit des Windes in gleichen Zeiten nicht immer mit derselben Geschwindigkeit im Ofen niedergeht. Der Clerval-Hochofen enthielt 25 Chargen, d. h. das Erz erreicht die Formen erst, nachdem es von 25 auf einander folgenden Gichten bedeckt war.

Man wird bemerken, dass die Reduction zwischen sechster und achter Charge bedeutend ab-, zwischen achter und elfter Charge bedeutend zunimmt. Im ersten Falle wird nach Ebelmen magnetisches Oxydoxydul zu Hammerschlag (*oxide des battitures*), im zweiten das letztere zu metallischem Eisen reducirt. In derselben Höhe im Ofen war die Reduction bei dem kalkigen Erze von Laissey weniger vorgerückt als bei dem Erz von La Chapelle, und Ebelmen glaubt, dass dies aus der verhältnissmässig bedeutenderen Grösse der Stücke des ersteren und folglich geringeren den reducirenden Agentien dargebotenen Oberfläche im Verhältniss zum Inhalte herrühre. Während die Reduction langsam in dem oberen Theil des Ofens voranschreitet, greift sie in einer begrenzten Zone etwas über dem Kohlensack im Clerval-Ofen heftiger um sich. Als Ursache für den plötzlichen Wechsel in der Reductionsgeschwindigkeit nimmt Ebelmen das Freiwerden der Kohlensäure aus dem als Zuschlag benutzten Kalkstein und den Kalkgehalt des Erzes an. Beim dritten Versuche hatte das kalkige Erz von Laissey nur eine kleine Menge seiner Kohlensäure verloren, während es bei dem vierten Versuche schon der gesammten Menge verlustig gegangen war, so dass der Kalk als kaustisch erschien. Die Entwickelung der Kohlensäure stimmt darnach in auffallender Weise mit der plötzlichen Abnahme in der Reductionsgeschwindigkeit überein. Wenn Kohlensäure aus dem festen Zustande, in welchem sie im kohlensauren Kalk besteht, in den gasförmigen übergeht, so absorbirt sie eine sehr grosse Menge Wärme und muss natürlich die Temperatur des Theils im Ofen erniedrigen, in welchem dieser Vorgang stattfindet. Der aufsteigende Gasstrom, welcher die Zone des Ofens, in der die Röstung des kohlensauren Kalks stattfindet, passirt, muss einen Theil seiner fühlbaren Wärme verlieren, und indem er mit der Kohlensäure gemischt wird, welche aus ihrer Verbindung mit Kalk ausgetrieben ist, muss er im Verhältniss an Reductionskraft verlieren.

Tunner[1]) hat diese Versuche bei der Anstellung der Gasuntersuchun-

[1]) Berg- und Hüttenmännisches Jahrbuch, IX. Bd. S. 309.

gen, welche Seite 241 beschrieben sind, am Hochofen zu Eisenerz und St. Stefen wieder aufgenommen. Es wurde eine im Deckel und Boden durchlochte Kapsel, welche zugleich zur Temperaturbestimmung diente (vergl. Seite 300), benutzt.

Diese Kapsel bestand aus Eisenblech und enthielt einen mit 14 kleinen Gruben versehenen Ring zur Aufnahme der Legirungen (S. 301). Die ganze Kapsel hatte etwas über 8 Centimeter Durchmesser. Der Boden war siebartig durchlöchert, um den Gasen Eintritt zu gestatten, der obere Rand konisch verengt und mittelst Bajonettverschlusses mit dem unteren Theile verbunden. Dieser Deckel hatte am obersten Theile mehrere schlitzförmige Oeffnungen, welche durch einen Hut geschützt wurden. An einem Oehre wurde die Kette, welche zum Herausziehen des Apparates diente, befestigt.

Dass die Hochofengase gut den Apparat durchströmten, bewies die Ansammlung von Flugstaub im Inneren der Kapsel und die Umänderung der Erze, auch wenn keine Kohle mit in die letztere gegeben wurde. Aus den Beobachtungen ergab sich, dass die Kapsel der durchschnittlichen Bewegung der Erze im Hochofen folgte.

Die in die Kapsel eingesetzten Materialien entsprachen denen des gewöhnlichen Ofenbetriebes, d. h., die Erze bestanden in geröstetem Spatheisenstein, während als Brennmaterial weiche Holzkohle diente.

Bei dem Hochofen zu Eisenerz enthielt jede Gicht 0·61 Cubikmeter Holzkohle, 214·5 Kilogr. Erz, 11·2 Kilogr. Grauwackenschiefer und 4·5 Kilogr. Wascheisen. Der Gichtenwechsel betrug in 24 Stunden durchschnittlich 143. Das Ausbringen der Erze war 50·8 Proc., die Roheisenerzeugung in 24 Stunden nahe 15 680 Kilogr. weissstrahliges Eisen, der Kohlenbedarf auf 100 Kilogr. Roheisen 0·56 Cubikmeter oder nahe 70 Kilogr. — Der Hochofen hatte die Form der Fig. 166 (S. 302).

Beim Hochofen zu St. Stefen bestand die Gicht aus 0·497 Cubikmeter Fichtenkohle, 173·5 bis 179·2 Kilogr. Erz und 8·4 Kilogr. Zuschlagskalk. Das Ausbringen der Beschickung war 35 bis 36 Proc., der Kohlenaufwand auf 100 Kilogr. graues Roheisen 0·78 Cubikmeter = 95 bis 100 Kilogr. Der Gichtwechsel betrug 74 in 24 Stunden.

Der Hochofen hatte die Form der Fig. 167 (S. 302).

Tunner bemerkt über die beobachteten chemischen Veränderungen, welche leider durch Analysen nicht belegt worden sind, dass der Anfang der Reduction von Eisenoxyd zu Oxydul oder Oxydoxydul nicht genau zu ermitteln war, weil die Erze schon durch die Röstung mehr oder weniger in Oxydoxydul umgewandelt und auf den Magnet wirkend gemacht worden waren. Die rothbraune Farbe, welche die gerösteten Erze an der Oberfläche erhalten, zeigte sich bei den aus der Probekapsel kommenden Erzen bis zur Tiefe des Kohlensacks hin immer mehr in Eisengrau umgewandelt. Die erste deutliche Veränderung in dieser Beziehung schien im Ofen von Eisenerz zwischen 4·75 und 6·32 Meter zu liegen, trat also etwa eine Stunde nach dem Aufgichten und bei 650° C. (siehe S. 301) ein. Die

ersten Anzeichen von einer Reduction bis zum metallischen Zustande kamen erst aus einer Tiefe von 6·95 bis 7·9 Meter, d. h. nahe dem Kohlensack, zwei Stunden nach dem Aufgichten und bei 850 bis 900° C. Bei dem Hochofen zu St. Stefen fallen die ersten Spuren begonnener Reduction zwischen 6·95 und 7·6 Meter Schachttiefe, d. h. $3^1/_2$ bis 4 Stunden nach dem Aufgichten und bei gleicher Temperatur wie in dem ersten Hochofen. Eine im geringen Maasse bis zum metallischen Zustande vorgeschrittene Reduction zeigten hier nur die Erze aus 9·8 Meter Schachttiefe, welche 6 Stunden im Ofen waren und 840° C. erreicht hatten.

Tunner zieht hieraus den wichtigen Schluss, dass die Reduction durch eine rascher zunehmende Temperatur mehr befördert wird als durch eine längere Zeit bei geringerer Temperatur.

Vorwaltend sahen bei beiden Oefen die aus der Tiefe des Kohlensackes zurück erhaltenen Erze noch ganz so aus, wie sie nach einer guten Röstung, besonders aus einem Gefässofen erhalten werden. Hiernach schliesst Tunner, dass die Reductionszone (wenigstens im vorliegenden Falle) nicht über dem Kohlensack gelegen, wie man gewöhnlich annahm, sondern dass nahezu der ganze Raum über dem Kohlensacke lediglich der Vorbereitungszone zugezählt werden müsse.

Die Folgerung ist keinesfalls allgemein gültig, da in allen Fällen, in denen rohes oxydhaltiges Erz aufgegeben wird, dessen Umwandlung zu Oxydoxydul ebenfalls als Reduction zu bezeichnen ist. Wendet man in dem vorliegenden Falle auch gerösteten Spatheisenstein an, welcher im Wesentlichen schon aus Eisenoxydoxydul besteht, so deutet doch selbst hier die Veränderung der Farbe jedenfalls an, dass das Verhältniss des Oxyduls zum Oxyd in den Erzen (welches bekanntlich sehr wechseln kann, vergl. S. 658) sich geändert habe, wenn auch noch kein metallisches Eisen erzeugt worden war [1]).

Tunner fährt fort: „Das untere Ende der Reductionszone reicht thatsächlich bis in den Schmelz- und Verbrennungsraum; einige wenige Erzstücke kommen bei Erzeugung des weissen Roheisens sogar unreducirt in den Eisenkasten. Wenn das rasche Niedersinken der Erze in den oberen Schachträumen, die geringere Temperatur und wenigere Berührung zwischen Erz und Kohle daselbst, im Vergleiche mit dem Raum unter dem Kohlensack, im Auge behalten wird, so kann es meines Erachtens nicht befremden, dass die Reduction der Erze bei dieser Ofenconstruction erst vornehmlich unter dem Kohlensacke stattfindet“.

Der Anfang der Kohlung des reducirten Eisens konnte mit der Probekapsel nicht ermittelt werden, während aus der Veränderung eines [2]) eingesteckten schmiedeeisernen Röhrenstranges auf ein Beginnen der Koh-

---

[1]) Die Versuche Tunner's zeigten, dass diese Umänderung der Erze in der Probekapsel auch ohne beigegebene Kohlenstückchen, also lediglich von den durchgehenden Gasen, wenn auch nicht so energisch, hervorgerufen wurde.

[2]) Zum Zwecke der Gasuntersuchung (siehe S. 240).

lung bei dem Ofen zu Eisenerz in 9·16 Meter unter der Gicht oder 1·58 Meter über den Formen sich bereits in bemerklichem Grade zeigte. Tunner erwähnt hierbei der interessanten Erscheinung, dass die Röhren aussen, wo sie mit Kohlen in unmittelbarer Berührung waren, auf 2 Millimeter dick in Stahl verwandelt waren, während sich im Inneren, wo nur Gas (Kohlenoxyd) durchströmte, kaum eine Spur von Cementation vorfand.

Schliesslich sind die Beobachtungen von Fernqvist und Rinman, welche gelegentlich deren Gasanalysen gemacht wurden (vergl. S. 304), zu erwähnen.

In dem Hochofen zu Forssjö, welcher in Fig. 171 Seite 305 abgebildet und 13 Meter von den Formen bis zur Gicht hoch ist, hatte ein Stück Kalkstein

bei 6·23 Meter Tiefe . . . 0·7 Proc. von seinem Gewicht,
„ 10·5 „ „ . . . 30 Proc., d. h. fast alle Kohlensäure verloren.

Das Erz (quarziger Magneteisenstein) hatte bei 11·1 Meter Tiefe bereits 12·6 Proc. Sauerstoff verloren.

In dem Hochofen zu Hammarby, welcher in Fig. 170 S. 305 abgebildet und 12·47 Meter von den Formen bis zur Gicht hoch ist, verlor der Kalkstein

bei 7·3 Meter Tiefe (1000° C.) . . . . 1·5 Proc., der Magneteisenstein
„ 7·3 „ „ (1000° C.) . . . . 0·07 Proc. von seinem Gewicht.

Im Hochofen zu Hasselfors, welcher in Fig. 172 S. 306 abgebildet und 10·39 Meter von den Formen bis zur Gicht hoch ist, verlor

der Kalkstein . . . . bei 7 Meter Tiefe 2¾ Proc.,
„ „ . . . . „ 8·08 „ soviel Kohlensäure, dass er sich löschen liess.
„ Magneteisenstein „ 7 „ 4 Proc.,
„ „ „ 8·08 „ 12·4 Proc. vom Gewichte.

Alle diese Beobachtungen wurden an haselnussgrossen Stücken gemacht.

Chemische Veränderungen der einzelnen Materialien.

1. Veränderung der Eisenerze.

Wie die Analysen des zweiten Abschnitts Bd. I. S. 269 u. f. zeigen, enthalten die Eisenerze ausser

1. Eisenoxydoxydul, Eisenoxyd, Eisenoxydhydrat, kohlensaurem oder kieselsaurem Eisenoxydul,

ı der Regel

2. Kieselsäure und Thonerde (meist als Quarz oder Thon), Kalk und Magnesia (meist an Kohlensäure gebunden), Alkalien (namentlich Kali), fast stets neben einander.

vielen Fällen

3. Oxyde des Mangans (frei oder in Verbindung mit Kohlensäure).
4. Phosphorsäure (meist an Kalk oder Eisenoxyd gebunden) und Schwefelsäure (gewöhnlich an Kalk oder Baryt, seltener an Metalloxyde gebunden).
5. Organische (kohlige Bestandtheile).

cht selten

6. Schwefelverbindungen (am häufigsten mit Eisen, seltener mit Kupfer, Blei, Zink etc.).
7. Kohlensaure Metallsalze (namentlich kohlensaures Zink- und Bleioxyd).

weilen

8. Titan, Arsenik, Vanadin, Chrom, Molybdän.

Ein vollkommener Hochofenprocess würde den gesammten in den rden des Eisens enthaltenen Eisengehalt in Verbindung mit Kohlenff und einer je nach dem Zwecke der Verwendung des Productes wechıden geringen Menge von Silicium, zuweilen von Mangan, ausnahmsse von Phosphor und Titan, in Form von Roheisen abscheiden, alle eren Stoffe dagegen entweder in die Schlacke führen oder verflüchen müssen. Die Veränderung der einzelnen Materialien beim Niederge im Hochofen wird daher, soweit dies möglich ist, diesem Ziele upassen sein.

Reduction der Eisenoxyde.

Bei einfacher Erhitzung ändert sich Eisenoxyd und Eisenoxydoxydul ht, Eisenoxydhydrat geht in Eisenoxyd, kohlensaures Eisenoxydul in enoxydoxydul von der Zusammensetzung $4\,FeO, Fe_2O_3 = Fe_6O_7$ er.

Werden diese Producte unter reducirenden Einflüssen erhitzt, d. h. er Einwirkung von Kohlenoxyd und in Gemeinschaft mit heissen Kohso wird das Eisenoxyd in Oxydoxydul reducirt. Das Endproduct aller enverbindungen (mit Ausnahme des kieselsauren Eisenoxyduls) ist da- zuerst Eisenoxydoxydul. Eisenoxydoxydul kann zwar eine sehr veriedene Sauerstoffmenge enthalten, indessen scheint 1 Aeq. Eisenoxyd Regel nach nur mit 4 Aeq. Eisenoxydul verbunden sein zu können, Reduction zu metallischem Eisen eintritt (vergl. I, S. 21, 25, 28 u. f., vie S. 186).

Es wird demnach von den durch einfache Erhitzung gewonnenen Producten das seiner Kohlensäure beraubte kohlensaure Eisenoxydul der Reduction am nächsten stehen.

Diese Ansicht theilt zwar Scheerer[1]) nicht, welcher annimmt, dass alles Oxyd erst zu Oxydul reducirt werde, ehe sich metallisches Eisen bilde. Aber Experimente vieler anderer Chemiker, welche neuerdings auch von Schinz[2]) bestätigt worden sind, beweisen, dass neben metallischem Eisen noch Oxyd bestehen könne. Es lässt sich dies auch aus den Abthl. I, S. 19 über das Oxydul mitgetheilten Thatsachen folgern, da eine so starke Basis wie das Oxydul schwerlich neben starker Säure (Kieselsäure) frei bestehen könnte.

Wendet man dies auf den Hochofenprocess an, so folgt, dass unter gleichen Umständen:

1. **Magneteisenstein,** ($FeO, Fe_2O_3 = Fe_3O_4$), **durch niedrigere Oxydationsstufen laufend,** am leichtesten den Zustand metallischen **Eisens erreicht.**
2. **Rotheisenstein (Eisenoxyd) durch den Zustand des Magneteisensteins gelangen muss,** ehe er die der Reduction näher liegenden **Oxydationsstufen erreicht.**
3. **Brauneisenstein (Eisenoxydhydrat)** zuerst sein Hydratwasser verlieren, **also durch den** Zustand des Rotheisensteins u. s. w. gehen **muss.**
4. **Spatheisenstein (kohlensaures Eisenoxydul)** nur die Kohlensäure **zu verlieren braucht,** um sofort in einen zur Reduction in metallisches Eisen geeigneten Zustand überzugehen.

In Zeichen lässt sich dieses Verhältniss, auf je 6 At. Eisen bezogen, folgendermassen darstellen:

Brauneisenstein	Rotheisen-stein	Magnet-eisenstein	Spatheisen-stein	End-product[3])	Verlust
—	—	Fe_6O_8	—	Fe_6O_7	1 O
—	Fe_6O_9	Fe_6O_8	—	Fe_6O_7	2 O
$Fe_6O_9 + nHO$	Fe_6O_9	Fe_6O_8	—	Fe_6O_7	$2O + nHO$
—	—	—	$Fe_6C_6O_{18}$	Fe_6O_7	$11O + 6C = 5CO_2 + 1CO$.

Wenn nun von dem Wassergehalte der Brauneisensteine abgesehen wird, welcher bereits bei einer wenig über 100° betragenden Temperatur in geringer Tiefe unter der Gicht gänzlich ausgetrieben werden kann, so stellt sich heraus, dass beim Magneteisenstein am wenigsten feste Bestandtheile vergast zu werden brauchen, beim Spatheisenstein bei Weitem am meisten, während Roth- und Brauneisenstein in der Mitte liegen; d. h. der Magneteisenstein wird unter sonst gleichen Umständen auf dem kür-

---

[1]) Lehrbuch der Metallurgie II, S. 15. — [2]) Documente des Hochofens. 1868. S. 68. — [3]) Vor der Reduction zu metallischem Eisen.

Wege oder in der kürzesten Zeit, Spatheisenstein auf dem längsten oder in der längsten Zeit reducirt werden.

un ist die Reduction gleicher Oxydationsstufen abhängig:

. von der relativen Menge der reducirenden Substanzen,
. von der Höhe der Temperatur.

eide Bedingungen können sich gegenseitig in gewissen Grenzen er-
ı. Die reducirenden Substanzen, um welche es sich im Hochofen t, sind Kohlenoxyd und fester Kohlenstoff. Je grösser der Reich- der aufsteigenden Gase an Kohlenoxyd und je grösser der Auf- in Brennmaterial ist, welcher beim Niedergange in Berührung mit Eisenoxyd tritt, um so schneller wird in gleicher Temperatur die ion erreicht werden. Bei gleichem Reichthum an Kohlenoxyd und stoff wird die Reduction dagegen mit der Höhe der Temperatur unigt werden. Letzteres findet indess in zwei Beziehungen eine . Erstens ist in Folge des Umstandes, dass alle Erze, auch die sten, eine bestimmte Zeit für ihre Durchdringung von reducirenden bis in die innersten Theile brauchen, die Zeit der Reduction auch höchsten Temperatur nicht unter ein allerdings für jeden Fall ndes Minimum hinabzudrücken; zweitens verhindert eintretende zung die fernere Wirksamkeit des Kohlenoxydes. Sobald nämlich zung, also die Bildung kieselsauren Eisenoxyduls stattfindet, scheint eitere Reduction nur noch durch directe Berührung mit festem stoff vor sich gehen zu können.

ie Temperaturen, innerhalb deren die Reduction der Eisenoxyde nlich durch Kohlenoxydgas erfolgt, liegen nach Versuchen von z zwischen 500 und 800°, indessen sind die Grenzen, innerhalb überhaupt noch Reduction stattfindet, viel weiter und die Reduc- ginnt unter günstigen Umständen schon unter 300° [1]).

i der Reduction der Eisenoxyde durch Kohlenoxyd wird weder gebunden noch Wärme frei.

ach S. 186 und 83 entwickelt ein Gewichtstheil Kohlenoxyd bei Verbrennung zu Kohlensäure 2473 Wärmeeinheiten. Diese Ver- ng geschieht bei der Reduction auf Kosten des Sauerstoffs im Erze. verbinden sich je 14 Gewichtseinheiten Kohlenoxyd mit 8 Ge- inheiten Sauerstoff. Ein Gewichtstheil Kohlenstoff im Kohlenoxyd kelt daher bei seiner Verbrennung 8080 — 2473 = 5607 W.-E. [2]), Gewichtstheile Sauerstoff enthaltende Kohlenoxydgasmenge 6 . 5607 42 W.-E.

i der Verbrennung von Eisen zu Eisenoxydoxydul, wahrscheinlich $Fe_2O_3 = Fe_8O_9$, werden für je 1 Gewthl. Eisen nach Andrews Värmeeinheiten entwickelt, ebensoviel also auch bei der Reduction

'ergl. auch: Vollgold, über die Reduction des Rotheisensteins. Inaugural- ion. Göttingen 1869. — [2]) Vergl. S. 186, wo durch ein Versehen 4600 0 gedruckt ist.

latent, also gehen 32 072 — 14 838 = 18 234 W.-E. i
verloren.

Man darf annehmen, dass die directe Reduction im W
dann eintritt, wenn bereits eine Reduction vorangegangen
Eisenoxyd mindestens in die Zusammensetzung = $Fe_8 O_7$
und dass dieselbe erst allein ihren Einfluss ausübt, wenn
vorangegangen ist. Mithin wird die Temperatur des Hoc
auf die Reduction nicht durch Erze verschiedener Oxyd
einflusst und die Reduction der letzteren wird bei gleich
gasmenge von der Zeit abhängen, während welcher diese
schmolzenen Zustande der Reduction ausgesetzt bleiben. U
bei gleichem Schmelzgrade und gleicher Durchsetzzeit da
grösste Menge Kohlenoxydgas, d. h. die grösste Menge B
Hochofen erfordern, welches die höchste Oxydationsstufe
z. B. unter sonst gleichen Verhältnissen Magneteisenstein
Brennmaterialaufwand als Braun- und Rotheisenstein ver
den können.

Für die Wärmeentwickelung ist es, wie für die chemi
setzung der Gase gleichgültig, ob Kohlenstoff direct durch
oxyd oxydirt, oder ob Kohlenoxyd zu Kohlensäure oxy
durch Kohle zu Kohlenoxyd reducirt wird. Bei der Red
lensäure gehen auf 1 Gewthl. Kohlenstoff derselben 5607
verloren, durch die Oxydation des aufgenommenen Kohlen
oxyd werden 2473 Wärmeeinheiten erzeugt, mithin werde
einheiten latent, d. h. auf 6 Gewthle. Kohlenstoff, welche 8
stoff entsprechen, 6 . 3134 = 18804 Wärmeeinheiten.
mit den obigen 18234 Wärmeeinheiten übereinstimmen, s

ıswärme des Eisens gleich der des Kohlenstoffs auf dasselbe Sauerstoff-
ıntum bezogen angenommen werden darf.

Offenbar ist die Umwandlung der Kohlensäure zu Kohlenoxyd wesent-
ı von der Temperatur abhängig, und es wird daher, obwohl Versuche
über fehlen, angenommen werden können, dass in dieser Beziehung
einzelnen Erze keinen wesentlichen Unterschied bedingen [1].

Während bei der Reduction der Erze durch Kohlenoxyd die Wärme-
hältnisse nicht geändert werden, bewirkt schon vorher beim Brauneisen-
n das Wasser, beim Spatheisenstein die Kohlensäure eine Abkühlung;
n beide nehmen bei ihrem Uebergang aus dem festen in den gasförmi-
Zustand Wärme in Anspruch, nämlich diejenige Wärmemenge, welche
Lösung der chemischen Verbindung nothwendig ist, die sogenannte Ver-
lungswärme. Während man die Verbindungswärme der Eisenoxyd-
rate als sehr gering, und nicht viel höher als die latente Wärme des
ıserdampfes [2] überhaupt annehmen darf, da das Hydratwasser bei einer
ig über 100° betragenden Temperatur aus der Verbindung getrennt
l, so ist die Verbindungswärme für das kohlensaure Eisenoxydul viel
er. Sie ist schwer durch Rechnung zu finden, da nicht nur Kohlensäure
getrieben, sondern ein Theil derselben unter Bildung von Kohlenoxyd
unter Oxydation des Oxyduls zu Oxydoxydul $= Fe_6 O_7$ zersetzt wird.

Die Verbindungswärme des Kalkes und der Kohlensäure ist von
inz [3] zu 197·1 Wärmeeinheiten gefunden worden, und da kohlen-
-er Kalk aus 56 Proc. Kalk und 44 Proc. Kohlensäure besteht, so wer-
bei der Zersetzung von 1 Gewthl. kohlensaurem Kalk 110·4 Wärme-
ıeiten absorbirt, oder pro 1 Gewichtseinheit Kohlensäure 251 Wärme-
ıeiten.

Dies stimmt mit der von Erbreich [4] angestellten Berechnung, wel-
sich auf die specifische Wärme gründet, so hinreichend, dass in ana-
er Weise auch die Verbindungswärme des kohlensauren Eisenoxyduls
ucht werden darf [5].

---

[1] Entschieden falsch ist es, wenn Eisenhüttenleute, z. B. Vathaire, S. 78,
stete Umwandlung von Kohlensäure in Kohlenoxyd und einen derselben ent-
chenden Wärmeverlust annehmen. Wenigstens berechtigen zu diesem Schlusse
Gasanalysen durchaus nicht. — [2] 640 Wärmeeinheiten für 1 Gewthl. Wasser,
on 540 Wärmeeinheiten zur Umwandlung in Dampf, 100 Wärmeeinheiten zur
itzung auf 100° gebraucht werden. — [3] Documente des Hochofens. — [4] Preuss.
schr. f. Berg-, Hütten- u. Sal.-Wesen. XI, S. 314. — [5] Erbreich folgert unter
Voraussetzung, dass die specifische Wärme des kohlensauren Kalks = 0·21485
h Schinz S. 30 = 0·1666452) sei: 100 Gewthle. kohlensauren Kalks enthalten
1000 Grad erhitzt 1000 : 0·21485 . 100 = 21485 Wärmeeinheiten. Zersetzt
ben sich 56 Gewthle. Kalk von 0·2669 (wie Schinz) specif. Wärme von 1000
d und 44 Gewichtstheile Kohlensäure von 0·221 specifische Wärme von 25
d. Die Wärmemenge beträgt also jetzt (56 . 0·2169 . 1000) + (44 . 0·221 . 25)
2389·5 Wärmeeinheiten. Mithin ist die Verbindungswärme = 21485 — 12389·5
9095·5 Wärmeeinheiten, oder für jede Gewichtseinheit Kohlensäure $= \frac{9095{\cdot}5}{44}$
206·7 Wärmeeinheiten.

richtig, da, wie bemerkt, gleichzeitig ein Theil Kohlen-
oxyd, ein Theil Oxydul in Oxyd umgewandelt wird, die
bei diesen letzten chemischen Vorgängen erzeugte und a
als ziemlich gleich annehmen.

Hiernach absorbirt also das Hydrat zu seiner Zerse
Wärme als das kohlensäurehaltige Erz, aber ein Unters
dass das Hydratwasser bereits bei einer 100 Grad weni
Temperatur, die Kohlensäure dagegen erst bei mehr als
trieben wird. Da nun sowohl Wasser wie Kohlensäure e
sen, ehe eine Reduction beginnt, so wird die Reduction d
säure direct, durch das Wasser nur indirect beeinflusst.
lich wird durch die aufsteigenden Gase, welche in tie
bereits die Reduction vollendet haben und deren Wärme
zur Weiterführung der Reduction, wohl aber zur Entwäs
ausgetrieben, während die Temperatur der Gase, welche
verflüchtigen, auch schon für eine Reduction genügen
tritt bei der Verhüttung wasserhaltiger Erze eine grösser
als wenn unter gleichen Umständen wasserfreie Erze auf
mit anderen Worten: Es rücken die Erze im ersten Fa
ringeren Temperatur als im zweiten in tiefere Zonen de
zur Reduction nöthige Temperatur wird daher erst spät
serer Tiefe erlangt werden. Da nun aber die Gase aus
noch mit einer weit über 100^0 betragenden Temperatur
darf es in dem Falle, in welchem wasserhaltige Erze ang
nur einer Erhöhung des Ofenschachtes, um zu demselbe
langen, welcher für wasserfreie Erze bei geringerer Höh
Anders verhält es sich bei der Kohlensäure. Sie entwei

-eten kann. Dann bleibt also zur Reduction durch Kohlenoxyd keine mehr und eine Reduction überhaupt kann nur noch durch festen lenstoff, also auf Kosten eines hohen Brennmaterialverbrauchs erzielt len.

Daher wird es sich stets empfehlen, die Eisenerze, welche Kohlen-e enthalten, bevor sie in den Ofen gelangen, ihrer Kohlensäure zu uben, wogegen es nicht nöthig ist, die Hydrate zu entwässern, son- nur die Höhe des Ofenschachtes angemessen zu wählen.

Dasjenige Eisen, welches unreducirt in den Schmelzraum gelangt, in diejenigen Temperaturen, bei denen die Schlackenbildung vor sich , wird zu kieselsaurem Eisenoxydul verschlackt werden, wenn ein erschuss von Kieselsäure [1]) vorhanden ist. Es wird sich dann ebenso das als kieselsaures Eisenoxydul (Schlacke) aufgegebene Eisen ver-en.

Nun ist Abth. I, S. 125 gezeigt, dass kieselsaures Eisenoxydul, wel- mehr Eisenoxydul enthält als einem Trisilicat entspricht, durch Koh-toff bei hoher Temperatur stets in letzteres umgewandelt und wenn in Singulosilicat war, $^2/_3$ des Eisengehaltes als metallisches (resp. ge-ltes) Eisen abgiebt. Mit Recht darf daher angenommen werden, dass kein anderes Silicat als das Trisilicat auf die Dauer bilden kann.

Aus dem gebildeten oder bereits vorhandenen kieselsauren Eisen-dul wird nun aber durch Kalk das Eisenoxydul bei hinreichend hoher operatur verdrängt, d. h. bei einer Temperatur, bei welcher das sich lende Kalksilicat [2]) schmelzen kann.

Die Verhältnisse dieser Umwandlung sind noch nicht hinreichend rscht, aber die Praxis hat die Richtigkeit der angegebenen Thatsache länglich festgestellt.

Schinz [3]) nimmt an, dass bei dem Hochofenbetriebe mit grosser duction, wie ihn die Neuzeit allgemein liefert, die directe Reduction vorerst verschlackten Eisenoxydes in der Schmelzzone eine hervor-nde Rolle spiele, ja dass nicht selten die Hälfte des gesammten Eisens h directe Reduction erhalten werde. Da, wie dies S. 286 u. f. erör-worden ist, uns kein Mittel zu Gebote steht, die directe Reduction Eisens durch festen Kohlenstoff ihrem Maasse nach zu unterscheiden der indirecten Reduction durch Kohlenoxyd, wenn die aus dem letz-gebildete Kohlensäure wieder in Kohlenoxyd umgewandelt wird, so t die Annahme von Schinz vorläufig eine Hypothese. Für diese othese spricht indessen namentlich der Umstand, dass bei Anwendung en Windes die Zone der höchsten Temperaturen sich auf ein gerin-s Volumen hinabzieht, als bei Anwendung kalten Windes, d. h. dass olge der directen Reduction die Temperatur sehr bald wesentlich bgedrückt wird. Dies ist jedenfalls mehr auf Kosten der Reduction

[1]) Vergl. S. 589. — [2]) Beim Hochofenbetriebe meist Kalk-Thonerde-Silicat. — nf. Dingler, polyt. Journ. Bd. CCI, S. 214 u. folg.

Kohlung des Eisens. Das reducirte Eisen nim seiner Reduction Kohlenstoff auf. Es sättigt sich damit Schmelzung. Schon früher [2]) war gezeigt, dass hohe Tem dung von grauem, niedrige Temperatur die Bildung von w begünstigt. Spiegeleisen, d. h. ein Roheisen mit dem Max misch gebundenen Kohlenstoffs, bildet sich nur, wenn d zeitig Mangan enthält, d. h. wenn Mangan im reducirten Eisen übergeführt worden ist. Die Bedingungen hierzu erörtert worden.

Oxydation des gekohlten Eisens. Wenn das in die sauerstoffreichen Gase des unteren Ofentheils gela in den Focus der Form, ohne durch Schlacke geschützt zu sich ein Theil wieder und dieser entkohlt in derselben W Roheisen, wie dies später beim Frischprocess wiederholt wird. In solchem Falle bilden sich Schmiedeisenansätze, schwer schmelzbare Massen an die Ofenwände ansetzen un process erschweren, ja ganz unmöglich machen können. des Eisens erfolgt nur, wenn Singulosilicatschlacken gebil welche einen ferneren zu Oxydoxydul oxydirten Theil Ei Der Vorgang ist daher stets ein Beweis, dass die Reduction gemäss vor sich geht, und rührt gewöhnlich von eine Brennmaterialaufwand, d. h. einem zu kohlenoxydarmen Meist kann ein solcher Zustand durch Vermehrung des B wandes wieder gehoben werden. Nur dann, wenn er vo hältnisse zum Roheisen zu geringen Schmelzpunkte de kommt, wird er durch Erhöhung des Brennmaterialaufwa mert, und zwar um so mehr, als sich durch die Eisenverb

Verhalten der Gangarten der Erze. Die übrigen Beimengungen r Erze verhalten sich, soweit sie in die Schlacke gehen, wie die entrechenden Bestandtheile der Zuschläge, die in das Roheisen übergehenn Stoffe dagegen ähnlich wie das Eisen. In dem Vorhergehenden (S. 1 u. f.) sind alle dahin gehörigen Verhältnisse bereits einer Erörterung terzogen worden. Bei der Reduction hierhin gehöriger Substanzen rd, je nachdem sie durch festen Kohlenstoff oder durch Kohlenoxyd ergt, die Temperatur mehr oder minder herabgedrückt. In dieser Bezieng gesammelte, auf zuverlässige Messungen gestützte Resultate sind st in geringer Zahl vorhanden. Man hat sich neuerer Zeit mit vollem chte der Berechnung der im Hochofen herrschenden Wärme zugewendet 1 es haben sich namentlich Schinz[1]), Bell[2]) und Åkerman[3]) grosse rdienste in dieser Beziehung erworben.

2. Veränderung der Zuschläge.

Bis zur Schmelzzone unterliegen die Zuschläge nur wenigen Veränangen, die sich beinahe ausschliesslich darauf beziehen, dass aus kohaurem Kalke und kohlensaurer Magnesia unter Bindung von Wärme[4]) Kohlensäure, aus kieselsaurem Thonerdehydrat das Wasser ausgetriewird. In der Schmelzzone tritt die Verbindung der zurückgeblieen festen Bestandtheile mit den Gangarten der Erze ein. Hierbei d, wie beim Schmelzen des erzeugten Roheisens, durch den Uebergang dem festen in den flüssigen Aggregatzustand Wärme gebunden[5]).

Ist die Gattirung und Möllerung der Erze richtig gewählt, so muss Schmelzung genau zu dem Zeitpunkte eintreten, in dem alle Erze kommen reducirt sind. In diesem Falle wird unter sonst gleichen ständen der geringste Brennmaterialverbrauch stattfinden. Hiernach rde das am leichtesten reducirbare Erz bei im Uebrigen gleich reichen chickungen auch die geringste Brennmaterialmenge beanspruchen. Da r von der aufgewendeten Brennmaterialmenge bei gleich reichen Beickungen auch wesentlich die Kohlung des Eisens abhängig ist und B. ein graues Roheisen eine höhere Temperatur, d. h. eine grössere nge von Brennmaterial, zu seiner Erzeugung an sich beansprucht als isses Roheisen, so werden die angegebenen Bedingungen dahin modifi-

---

[1]) Documente d. Hochofens und Dingler's polyt. Journ. Bd. CCI. — [2]) Ueber Entwicklung und Verwendung der Wärme in Eisenhochöfen von verschiedenen ensionen. Aus dem Englischen übersetzt von Tunner 1871. — [3]) Studien r die Wärmeverhältnisse des Eisenhochofenprocesses. Aus dem Schwedischen rsetzt von Tunner. 1872. — [4]) Vergl. S. 673. — [5]) Die Höhe der latenten rme des Roheisens und der Schlacke wird sehr verschieden angegeben. Von inz

für	weisses Roheisen	zu	139	Wärmeeinheiten
„	graues „	„	171	„
„	Schlacke	„	60	„

sein. Der Gargang kann bei der Erzeugung jeder E
werden. Bei weissem Roheisen wird bei leichtflüssiger Sc
gerer Brennmaterialaufwand, bei grauem Roheisen b
Schlacke ein grösserer Brennmaterialaufwand erforderlic
gang zu erzielen; bei leicht reducirbaren Erzen wird f
eisen ein niedrigerer Brennmaterialsatz anzuwenden sein
reducirbaren Erzen. Da die im Ofen nöthige Hitze, wel
brennung des in die Gicht aufgegebenen festen Brennmat
men erzeugt wird, auf gleicher Höhe erhalten werden
eine reichliche Brennmaterialmenge mit kaltem Wind
wenn man eine geringe Brennmaterialmenge mit heissem
so würde zwar in Bezug auf die Schmelzbarkeit beide
haben, nicht so verhält es sich indessen in Bezug auf d
die Qualität des erzeugten Roheisens.

Bei einer reichlichen Brennmaterialmenge und kal
das im Ofen aufsteigende Gasgemenge reicher an Kohle
entgegengesetzten Falle, die Reduction wird daher sc
oder in derselben Zeit vollständiger werden. Unreducirt
men nicht mehr in die Schmelzzone und brauchen daher
festen Kohlenstoff reducirt zu werden. Das so erzeugt
hinreichenden Mengen von Basen wenig siliciumhaltig s
daher besonders für die Darstellung feiner Schmiede
Frischprocesse eignen. Man nennt einen solchen Ofeng
wendet ihn in Folge des dazu nöthigen Brennmaterials
ganz besonderen Fällen an, z. B. wenn man Roheisen zu
erzeugen will.

Wird ein Theil des Brennmateriales durch heisse

ı. Der hierdurch erhöhte Wärmeaufwand wird mehr als ausgeglichen h die höhere Verbrennungswärme, welche der heisse Wind erzeugt, absolut an Brennstoff gespart. Das Eisen aber, welches aus seiner bindung mit Kieselsäure zugleich mit dieser reducirt wird, sobald sie höchsten Silicirungsgrad erreicht hat, wird siliciumreicher, als das bei garem Gange erblasene. Man nennt diese Art des Ganges heissgar.

Entspricht der Schmelzgrad der Schlacke nicht der Art des zu er-genden Roheisens, so können zwei Fälle eintreten: es kann erstens die acke zu leicht oder zweitens zu schwer schmelzen. Der Ofengang, her im ersten Falle eintritt, heisst Rohgang, der im zweiten Falle retende Uebergargang.

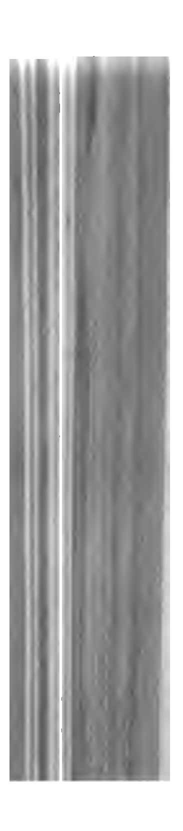
Der Rohgang kann im Einzelnen verschiedene Ursachen haben, alle beziehen sich auf den Schmelzgrad der Schlacke.

Ist die Gattirung und Möllerung so gewählt, dass die Schlacke zu t schmilzt, während graues Roheisen erzeugt wird, so setzen sich ein-die Schmelztemperaturen in Uebereinstimmung und es erfolgt weisses ı bei Gargang; schmilzt die Schlacke dagegen zu leicht, während ses Eisen erzeugt wird, so ist eine solche Ausgleichung nicht mehr lich und es geht der in die Schmelzzone einrückende Theil des s, welcher noch nicht reducirt ist, in die Schlacke über und macht daher noch leichtflüssiger. Die eisenhaltige Schlacke verhindert nicht die höhere Kohlung des Eisens, sondern entkohlt auch das bereits hlte. Es bildet sich schmiedbares Eisen und dies setzt sich im unge-olzenen Zustande an die Ofenwände. Ein grosser Theil der Kohlen nun zur Reduction des Eisens der Schlacke unter Bindung von ent-chenden Wärmemengen verbraucht und der Ofen kühlt sich immer r ab. Bald genügt die Temperatur nicht einmal mehr für die Schmel-der an sich leichtflüssigen Schlacke und allmälig friert der Ofen ein.

Während bei einer vollständigen Reduction, d. h. beim Gargange, Schlacke ganz oder beinahe eisenfrei und daher hellfarbig ist, fällt ı Rohgange eine eisenreiche, daher schwarze Schlacke. Während beim gange Eisen und Schlacke wohl geschmolzen erscheinen, tritt beim gange zuerst das Eisen im dickflüssigen Zustande neben sehr dünn-iger Schlacke, dann letztere ebenfalls im dickflüssigen Zustande auf. rend beim Gargange die Formen hell leuchten und der Wind ohne klichen Widerstand in den Ofen dringt, werden beim Rohgange die nen allmälig dunkler, man kann mit dem Auge leicht die einzelnen ke und Tropfen unterscheiden und der Wind, der bald einen gerin-bald einen grösseren Widerstand findet, macht ein eigenthümliches usch, welches man als Schlagen oder Bollern bezeichnet.

Soll der Rohgang in Gargang zurückgeführt werden, so geschieht am einfachsten durch Vermehrung des aufzugebenden Brennmaterial-tums, d. h. durch Erleichterung der Gichten.

Dadurch wird die Menge der reducirenden Gase vermehrt und bei gleichen Verhältnissen kommt die Schlackenschmelztemperatur in



d. h. die Gattirung und Beschickung zweckentsprechend
und es wird mithin der Betrieb ohne diese Aenderung ei
sein. Ein zweites Mittel der Umänderung des Rohga
gang ist die Erhöhung der Windtemperatur ohne Aen
Brennstoffmenge. Ein ökonomischer Erfolg wird hier
reichen sein, wenn das Brennmaterialquantum ein für
trieb angemessenes, aber der Schlackenschmelzpunkt a
driger war; denn in diesem Falle wird die Temperatur
höht, die Menge der reducirenden Gase aber nicht v
die vollkommene Reduction des vorerst verschlackten E
Kohlenstoff herbeigeführt. Dass das nun erzeugte R
garem Gange siliciumreicher ausfällt, als das im ersten I
Gange erzeugte, ist aus dem vorher Erörterten selbstv

Ist der Schlackenschmelzpunkt ein zu hoher, so
gang, den man mit dem Ausdruck übergar bezeichn
fällt stets mit einem zu hohen Brennmaterialaufwand
Erz durchläuft dann im bereits reducirten Zustande, i
noch weiter kohlt, einen Raum im Hochofen, in we
Schmelzung der Schlacke stattfindet. Diese Art des (
so lange, als sie in mässigen Grenzen bleibt, nur einer
schwendung gleich und dabei stellt sich die Unmöglich
ses Eisen zu erzeugen. Nimmt aber der übergare Ga
zu, dass das Roheisen schmilzt, ehe die Schlacke zum
so wird dasselbe der Oxydation vor den Formen ausg
durch eine sehr hohe Temperatur erzeugt und mit
Schlacke ein Frischprocess einleitet, welcher dem Ro
liche Erscheinungen hervorruft. Die anfangs beim U

Der übergare Gang und der Rohgang sind fehlerhafte Ofengänge, aber sie werden in einzelnen Fällen absichtlich herbeigeführt. Den übergaren Gang wendet man an, wenn man in einem und demselben Hochofen von weissem auf graues, den Rohgang, wenn man von grauem auf weisses Roheisen übergehen will. Immer wird es aber nöthig, gleichzeitig den Schlackenschmelzpunkt zu ändern, d. h. ihn im ersten Falle zu erhöhen, im zweiten Falle zu erniedrigen, wenn man mit ökonomisch günstigen Resultaten fortarbeiten will. Nur dann, wenn vorübergehend weisses (oder halbirtes) Roheisen in einem sonst auf graues Roheisen arbeitenden Hochofen erzeugt werden soll, bringt man absichtlich Rohgang ohne Veränderung der Beschickung hervor, d. h. man bricht einfach an Brennmaterial ab. Ein solches Verfahren wird auf kleinen Hochöfen zum Zwecke der Darstellung von Hartguss angewendet.

Als Beispiel eines absichtlich herbeigeführten Rohganges behufs Erzeugung des für den Hartwalzenguss geeigneten halbirten Roheisens können die folgenden aus dem Betriebe des Hochofens zu Malapane in Oberschlesien hergenommenen Fälle dienen [1]).

Bei dem normalen Betriebe auf graues Roheisen bestand jede Gicht aus:

91	Kilogr.	Holzkohle (von Kiefer, Fichte und Birke),
16·25	„	Koks,
247·5	„	Braun- und Thoneisenstein (von 24 und 36 Proc. Eisengehalt),
46·25	„	Kalkstein
401	Kilogr.	

Sollte Hartguss erzeugt werden, so wurde der Satz an Erz und Zuschlag dem Gewichte nach ganz wie bei den normalen Gichten (welche mit C bezeichnet werden sollen) gelassen, in Bezug auf die Art des Erzes indessen blieb häufig das Brauneisenerz fort und es wurde nur Thoneisenstein angewandt. Dagegen brach man an Brennmaterial ab, liess nicht nur den Kokszusatz ganz fort, sondern auch von der Holzkohle $^1/_4$ (schwere oder scharfe Gichten A) oder $^1/_2$ (schwere oder scharfe Gichten B). Mit den Gichten A und B wechselte man regelmässig in der Art ab, dass mit B begonnen wurde, so dass also bei drei schweren Gichten zwei B, eine A war. Zwischen den schweren Gichten wurde stets eine Anzahl normaler Gichten gesetzt, wie sich dies aus den folgenden beiden Beispielen ergiebt:

1) 3 A und B, 5 C, 3 A und B, 2 C, 5 A und B, 3 C, 6 A und B.
2) 4 A und B, 5 C, 4 A und B, 3 C, 5 A und B, 3 C, 6 A und B.

In 12 Stunden konnten 22 Gichten gesetzt werden. Nach der letzten schweren Gicht ging der normale Betrieb wieder seinen regelrechten

[1]) Diese sind aus dem Jahre 1853. Gegenwärtig giesst man dort Hartwalzen nicht mehr direct aus dem Hochofen, sondern schmilzt das Roheisen im Flammofen um.

Gang fort und nachdem 8 bis 12 normale Gichten gesetzt waren, konnte der Abstich des Hartgusseisens erfolgen.

3. Veränderung der Brennmaterialien.

Alle Brennmaterialien, welche in den Hochofen gelangen, kommen als aschenhaltiger Kohlenstoff vor den Formen zur Verbrennung. Es ist daher in Bezug auf ihren Werth als Brennmaterial vor den Formen gleichgültig, ob sie im rohen oder im verkohlten Zustande aufgegeben werden, da alle in hoher Temperatur in reducirender Atmosphäre zu verflüchtigenden Gase vorher ausgetrieben werden. Ein verhältnissmässig geringer Unterschied ist nur darin begründet, dass das Product desselben Brennmaterials bei der Verkohlung, welche es im Hochofen erleidet, in Folge des hohen Druckes, dem es dabei unterliegt, dichter ausfällt, als bei einer Verkohlung ausserhalb des Hochofens. Der dichtere Kohlenstoff ist schwerer verbrennlich, d. h. er braucht eine längere Zeit um sich mit dem Sauerstoff der Luft zu Kohlenoxyd zu verbinden; es wird folglich unter sonst gleichen Umständen ein mit dichtem Brennmaterial versehener Hochofen in gleicher Zeiteinheit weniger Luft aufnehmen, also auch eine geringere Production liefern können, als ein mit porösem Brennmaterial gespeister Hochofen.

Die rohen Brennmaterialien verbrauchen zu ihrer Verkohlung im Hochofen in Folge der Vergasung eines Theiles ihrer Bestandtheile eine bestimmte Wärmemenge, welche bei einer Verkohlung ausserhalb des Ofens diesem selbst erhalten bleibt. Absolut ist dagegen mit der Verkohlung ausserhalb des Hochofens ein grösserer Wärmeverlust in Folge von Ausstrahlung und Leitung verbunden. Es fällt ferner der bei einer besonderen Verkohlung unvermeidliche Verlust an Kohlenstoff durch Verbrennung, durch Abrieb und Verzettelung im Hochofen selbst fort. Endlich werden die Gichtgase reicher an brennbaren Stoffen und daher werthvoller als Brennmaterial.

Sobald daher die durch die Verkohlung im Ofen hervorgerufene Abkühlung dem Ofengange nicht nachtheilig ist, würde man in jedem Falle gut thun, das Brennmaterial im rohen Zustande anzuwenden, wenn sich nicht in einzelnen Fällen, nämlich bei der Anwendung roher Fettkohlen durch die Fähigkeit des Brennmaterials zu grösseren Stücken zusammenzubacken, eine meist unüberwindliche Schwierigkeit in den Weg stellte. Die Fettkohlen backen in Folge ihrer Ausdehnung bei der Erhitzung zu Klumpen zusammen, welche im günstigsten Falle die Gleichmässigkeit des Niederganges der übrigen festen Materialien stören, im ungünstigsten Falle dagegen zusammenhängende Massen bilden, welche sich gewölbartig gegen die Ofenwandungen stützen und Hängenbleiben und Kippen der Gichten hervorrufen.

Rohes oder gedörrtes Holz benutzt man an Stelle von Holzkohle weit seltner als rohe Steinkohle an Stelle von Koks, weil der Wärmeverlust

des ersteren bei den der Regel nach niedrigen Hochöfen mehr ins Gewicht fällt, als der bei Anwendung der letzteren in den meistens sehr hohen Oefen entstehende. Der Wärmeverlust ist um so höher, je gasreicher das Brennmaterial ist; er wirkt unter sonst gleichen Umständen um so nachtheiliger, je ärmer das Erz ist. Daher hat man bei den sonst so geeigneten oberschlesischen mageren Kohlen bisher mit den grössten Schwierigkeiten zu kämpfen gehabt, wenn man sie im rohen Zustande anwenden wollte [1]).

Ueber die Höhe des Wärmeverbrauches bei der Verkohlung roher Brennstoffe sind von Erbreich [2]) und Schinz [3]) zwar Berechnungen angestellt, denselben fehlt aber die hinreichende Grundlage, weil es an Beobachtungen über diesen Gegenstand mangelt. Aus den bei der Holzverkohlung und der Steinkohlenverkokung stattfindenden praktischen Vorgängen lässt sich schliessen, dass die bei jener entwickelten Gase und Dämpfe bei ihrer Verbrennung mit atmosphärischer Luft nicht im Stande sind, die zur Verkohlung des rohen Brennmaterials erforderliche Wärme zu liefern, wogegen dies bei der Steinkohlenverkokung im Durchschnitt der Fall ist, da der Regel nach in einem vor Luftzutritt vollständig geschützten Raume gerade so viel brennbare Gase entwickelt werden, um bei der Verbrennung in den den Ofenraum umgebenden Canälen die erforderliche Verkokungswärme zu geben, während nur bei gasreichen Kohlen hin und wieder noch ein Ueberschuss an solchen Gasen erhalten oder bei gasarmen Kohlen eine Hülfsfeuerung erforderlich wird.

Bei der Anwendung roher Steinkohlen wird daher die durch die Verkokung verloren gehende Wärme in den Gichtgasen enthalten sein, oder genauer ausgedrückt bei Benutzung der letzteren an einer anderen Stelle wieder erhalten werden können. Um indessen die Wärme dem Hochofen selbst zu Gute kommen zu lassen, ist zuerst von Ad. Erbreich im Jahre 1860 der Vorschlag gemacht worden, dem oberen Theile des Hochofens atmosphärische Luft zuzuführen und die durch Verbrennung der Verkokungsgase erzielte Wärme für die Vorbereitung der Erze etc. zu benutzen. Da bei dahin zielenden Versuchen stets Oberfeuer erhalten wurde, so musste man davon Abstand nehmen. Es ist auch erklärlich, dass bei der erhöhten Temperatur im oberen Theile des Ofens nun auch die Verkokung früher beginnt und dass in Folge des Einblasens atmosphärischer Luft schliesslich Temperaturen erhalten werden, welche eine Schmelzung der Erze vor ihrer Reduction, daher einen vollkommen fehlerhaften Ofengang hervorrufen.

Neuerdings ist dieselbe Idee wieder von Ferrie [4]) aufgenommen und

---

[1]) Vergl. Preuss. Zeitschr. f. Berg-, Hütten- und Salinen-Wes. 1869: Der Hochofenbetrieb unter Anwendung von rohen Steinkohlen zu Gleiwitz in Oberschlesien; ferner: Jahrbuch d. schles. Vereins für Berg- und Hüttenwesen, Jahrgang III (1861), Beilagen S. 59. — [2]) Preuss. Zeitschr. f. Berg-, Hütten- u. Sal.-Wes. 1863. [3]) Doc. d. Hochofens u. Dingler's polyt. Journ. 1871. — [4]) Vergl. Berggeist 1871. Nr. 78.

auf eine vortheilhaftere Weise in Ausführung gebracht worden. Statt nämlich die Verkokung in demselben Raume, in dem sich die Erze befinden, einzuleiten und auch die Verkokungsgase in demselben Raume zu verbrennen, werden die rohen Kohlen in besonderen Theilen des Schachts aufgegeben. Die letzteren sind nach Art der Appolt'schen Koksöfen mit Canälen umgeben, in denen sich die Verkokungsgase vertheilen und durch atmosphärische Luft, welche von aussen durch den Rauhschacht hinzutritt, verbrannt werden. Durch die so entwickelte Hitze wird einerseits die Verkokung, andererseits die Vorbereitung der Erze und Zuschläge befördert, ohne dass die Verbrennungsluft mit den festen Materialien in Berührung tritt[1]).

Ob die Nachtheile, welche eine solche Construction in Bezug auf den ungleichförmigen Niedergang der Materialien und die ungleichförmige Vertheilung des aufsteigenden Gasstromes haben muss, von den Vortheilen überwogen werden können, welche die directe Einführung der unverkokten Steinkohle in den Hochofenprocess in Folge des Fortfalls von Transport, Abkühlung nach der Verkokung in besonderen Oefen, Abrieb beim Entleeren der letzteren u. s. w. haben kann, muss die Praxis herausstellen. Die unter allen Umständen complicirte und unhaltbare Construction des Ferrie'schen Ofens spricht nicht sehr für dessen Anwendbarkeit.

In ökonomischer Beziehung pflegt die Regel zu gelten, dass da, wo sich die beim Grubenbetriebe erzeugte Kleinkohle verkoken lässt, der Betrieb mit Koks vortheilhafter, da aber, wo zur Verkokung Stückkohle angewendet werden muss, der Betrieb mit roher Kohle rentabler ist.

Man hat oft zu Gunsten der Verkokung solcher Steinkohlen, welche sich im Uebrigen für die rohe Anwendung im Hochofen eignen würden, angeführt, dass eine bessere Entfernung des Schwefelgehaltes erreicht werden könne. Da indessen im Hochofen ebenso wie im Verkokungsofen der in den rohen Steinkohlen enthaltene Schwefelkies in eine Verbindung von der Zusammensetzung des Magnetkieses umgewandelt wird, so ist diese Behauptung nur insofern richtig, als beim Löschen der Koks noch ein geringer Theil Schwefel ausgetrieben werden kann. Diese letztere Schwefelmenge ist indessen im Verhältniss zu der gesammten zurückbleibenden Schwefelmenge sehr unbedeutend.

III. Die Form des Hochofens.

Bei der Verschiedenartigkeit des Hochofenbetriebes je nach der Art des Erzes, der Zuschläge, der Brennmaterialien, der Temperatur des Win-

[1]) Schon Kerpely (Fortschr. d. Eisenh.-Technik, 1868, S. 93) hatte vorgeschlagen, Erz und rohes Brennmaterial in concentrischen, durch einen Cylinder von einander getrennten Räumen aufzugeben, ohne indessen die Gase im Hochofen zu erbrennen.

des, nach der Art und der Menge des erzeugten Roheisens, nach der Methode der Gasentziehung und den zahlreichen anderen im Vorhergehenden erörterten Grundlagen und Bedingungen ist es von vornherein als sicher anzunehmen, dass es keine für alle Verhältnisse gleich passende Universalform des Hochofens geben kann und dass alle Versuche, eine solche festzustellen, auf Unkenntniss beruhen müssen. Nichtsdestoweniger hat man in früheren Zeiten offenbar ein viel zu grosses Gewicht auf geringfügige Abweichungen sowohl in den Begrenzungen des Ofeninnern als in der Construction des Kern- und Rauhschachtes gelegt und ist erst in neuerer Zeit durch zahlreiche Erfahrungen dahin gekommen, zu finden, dass ein Hochofen ebenso gut wie ein anderer arbeiten könne, wenn nur die wesentlichsten Bedingungen einer den Grundlagen des Betriebes angepassten rationellen Form erfüllt sind, ja dass die innere Form des Hochofens während des Betriebes häufig sehr schnell durch Abnutzung einerseits, durch Ansätze andererseits in die den Verhältnissen entsprechende Gestalt übergehen kann.

Diese wesentlichsten Bedingungen sollen nun im Folgenden einer näheren Erörterung unterzogen werden, und zwar 1) in Bezug auf die innere Form, 2) in Bezug auf die diese begrenzenden Mauertheile.

1. Innere Form.

Verticalquerschnitt. — Einfluss der inneren Form auf den Niedergang der festen Materialien. Die Frage, welchen Einfluss die innere Form auf den gleichmässigen oder besser gesagt gleichartigen Niedergang der festen Materialien äussert, ist durch das Vorhergehende [1]) bereits im Allgemeinen erledigt; denn es ergiebt sich daraus klar, dass der Niedergang der festen Substanzen in einem Hochofen so viel als möglich regelmässig erfolgen sollte, und dass folglich die Form des Hochofeninnern möglichst wenig Ursachen zum Festhalten oder zur Verzögerung in der Bewegung irgend eines Theiles der Beschickung geben darf. Daher müssen plötzliche Querschnittsveränderungen und scharfe Kanten vermieden werden. Bei den alten Hochöfen wurden diese Bedingungen in Folge der flachen Neigung der Rast nicht erfüllt. Demgemäss zeigte sich auch dort das Hängenbleiben und Kippen der Gichten viel häufiger als bei den neueren Oefen mit abgerundeten Formen. Die Erfahrung hat beinahe überall allmälig zu einer Construction geführt, welche sich im Wesentlichen der Tonnenform nähert, nur wenig von der Form eines Cylinders abweicht und in einzelnen Fällen diese sogar theilweise erreicht.

Die Tonnenform soll zuerst in Dundyvan (in Schottland) eingeführt worden, und erst später auf anderen Hütten (z. B. Russell's Hall bei Dudley, Cochrane's Hütte bei Middlesboro' am Tees, hierauf in Deutsch-

---

[1]) Vergl. Seite 644 u. f.



studiren, und zwar von Beginn des Anblasens bis zur Ze
wendig wurde, Gestell und Rast zu erneuern. Die d
Dauer der Campagnen in den Staffordshirer Hochöfen is
Jahr. Da ich nun aber sechs derselben zu gleicher Zeit
so kam es vor, dass ich in allen möglichen Zwischenräu
blasen musste, von dreimonatlicher Thätigkeit an bis zur
brauchbarkeit . . . Ich pflegte zu mir zu sagen: „„Ei
ger hat die Wissenschaft auf diese Wände geschrieben; ich
die Schrift zu entziffern . . .““ Der erste Umstand, der
Gegenstand brachte, war die Erkenntniss, dass eine sehr
rung im Gestell und an der Rast schon in der ersten Zei
blasen eintrete; nach Verlauf von sechs Monaten kann ma
Sicherheit als allgemeine Erscheinung feststellen, dass beid
stens $^1/_3$ der Stärke fortgefressen ist. Von der Zeit an (so
haupt diese Zeit feststellen lässt, da man nicht Genauigke
ten darf) geht die Zerstörung allmälig vor sich und schr
weniger langsam fort, bis die Rast an einer Stelle oder r
stört ist und der Ofen nicht länger arbeiten kann. D
man ersetzen oder ausbessern, so oft und so lange man
Rast liegt ausser dem Bereich, und wenn sie entzwei is
Ofen ausgeblasen werden . . . . Zweitens bemerkte ich
oberen Theile des Hochofens, 8 bis 12 Fuss (2·5 bis 3·8
von der Gicht, d. h. etwa $^1/_4$ von der Gesammthöhe,
Kernschachtes wenig in ihrer Erscheinung verändert wer
vier bis fünf Jahren; weiter unten werden sie oberfläch
allmälig tiefer und tiefer angefressen, gewissermaassen ei
rendes Pyrometer für die Praxis bildend.

des Feuers, wenn auch nicht aufgehoben, so doch wesentlich geringer wurden . . . Ich setzte deshalb meine Gestellsteine (*Hearth-Stones*) so weit auseinander, als der Vierpass (s. S. 10) es erlaubte, verband sie aufwärts mit der Rast in ziemlich derselben Neigung, welche letztere hatte, und fand, dass der Hochofen in Folge dessen länger aushielt, das Gestell nicht so schnell Reparaturen verlangte, die vollen Gichten Monate vor der gewohnten Zeit gegeben werden konnten und die volle Production zu derselben Zeit erreicht wurde wie sonst."

Die zweite Aenderung, welche Gibbons einführte und welche er noch für wichtiger als die erste ansah, bestand in der beträchtlichen Erweiterung des oberen Schachttheiles. Er wurde dazu durch die Betrachtung geführt, dass bei der Temperatur dieses Theiles, welche nur ausreichte, die feuerfesten Steine des Kernschachtes zu glasiren, keine wesentliche chemische Veränderung der rohen Materialien vor sich gehen könne.

Hieraus schloss er, dass, wenn er durch irgend ein Mittel die Hitze in diesem bis dahin nutzlosen Theil des Ofens anhäufen könnte, er den Schmelzprocess beschleunigen und Brennmaterial sparen würde. Er ging mit dahin zielenden Experimenten allmälig und langsam vor. Zuerst erweiterte er das Innere des Ofens [1]) vom Kohlensack bis zur Gicht, so weit er es, ohne die Sicherheit des vorhandenen Baues zu beeinträchtigen, thun konnte, und fand einen unvergleichlich besseren Effect, namentlich mit Beziehung auf den Brennmaterialverbrauch. Sodann vergrösserte er den Durchmesser der Gicht selbst und glaubte endlich 2·5 Meter als richtiges Maximum gefunden zu haben, um mit vier Füllöffnungen den Ofen möglichst eben beschicken zu können. Ferner erweiterte er, entgegen der bisherigen Praxis, wonach das Innere schon von dem 3·8 bis 4·4 Meter über dem Bodenstein liegenden Kohlensacke zusammengezogen wurde, den Ofen bis zur Höhe von 9·4 Meter, d. h. einem höher als die Hälfte der Gesammthöhe liegenden Theil, so dass der jetzt hinauf gerückte Kohlensack 4·4 Meter Weite erhielt.

Nach dem Ausblasen von Hochöfen, die in gutem Gange waren, fand nämlich Gibbons, dass nicht mehr als 13 bis 16 Centimeter von der Rastebene übrig geblieben waren, und deshalb brachte er — wie erwähnt — die Rast viel höher, gab ihr eine steilere Neigung und glaubte nun ihren oberen Theil so weit von der zerstörenden Einwirkung des Feuers entfernt zu haben, um ihn auf hinreichend lange Zeit zu sichern, und dadurch den Durchbruch in den Rauhschacht [2]) zu verhindern.

Es gelang ihm, einen so gebauten Ofen sieben Jahre im Gange zu erhalten, ohne dass nach dem Ausblasen das Innere wesentlich beschädigt war.

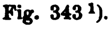
---

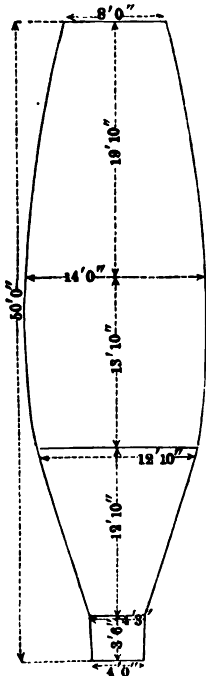
[1]) Das Original sagt: „He scooped the interior of the furnace outwards," er höhlte das Innere des Ofens aus. — [2]) Siehe S. 6. Man nennt ihn in Staffordshire: *Red-work*, weil er aus rothen Ziegeln gebaut wird.

Gibbons giebt folgende numerische Resultate als Beweis seiner Behauptungen:

Neben einem nach dem neuen Principe gemäss der Fig. 344 (a. f. S.) gebauten Ofen *A* befand sich ein grösstentheils nach alter Art errichteter Ofen *B*. Beide wurden von derselben Maschine mit gleich viel und gleich gepresstem Wind versorgt, erhielten dieselben Materialien (Eisenstein, Feinfeuer-, Puddel- und Schweissofenschlacke).

Der Ofen *B* machte in sechs aufeinander folgenden Monaten wöchentlich etwa 1524 Ctr. (75 tons), während *A* in sechs aufeinander folgenden (übrigens die drei schlechtesten des Jahres einschliessenden) Monaten wöchentlich 2032 Ctr. (100 tons) erzeugte. Die beste wöchentliche Production in dreimonatlichem Durchschnitt bei *B* war 1605 Ctr. (79 tons), bei *A* 2174 Ctr. (107 tons); die grösste Production einer einzelnen Woche bei *B* 1706 Ctr. (84 tons), bei *A* 2337 Ctr. (115 tons). Das Product war in beiden Oefen gutes graues Roheisen, zum Verpuddeln bestimmt.


Fig. 343 [1]).



Gibbons Hochofen.

Bei einem anderen von Gibbons nach der Form *A* gebaueten, aber 63 Centimeter höheren, 8 Centimeter im Kohlensack, 21 Centimeter im Querschnitt des Gestelles weiteren Ofen wurde oft wöchentlich 3048 Ctr. (150 tons) graues Giessereieisen, im Durchschnitt 2743 Ctr. (135 tons) producirt. Dieser Ofen wurde mit heissem Winde bei Anwendung einer grossen Menge Schlacke betrieben.

Wenn man auch einwenden könnte, dass die Resultate von *A* und *B* keine directe Vergleichung zulassen, weil beider cubische Inhalte verschieden sind, so stand doch keinesfalls der Unterschied hierin im Verhältniss zu der Production, während beide unter praktisch gleichen Verhältnissen arbeiteten. Uebrigens war das Gestell des Ofens *A* immer noch klein gegen das mancher neuer Oefen, welche demgemäss auch noch weit höhere Productionen aufzuweisen haben. Gibbons ist indessen offenbar auch hier auf dem richtigen Wege gewesen, denn er sagt: „Ich würde bei ganz neuer Errichtung eines Ofens die Pfeiler so weit auseinander stellen, dass wenigstens ein 1·6 Meter weites Gestell zu erlangen wäre". Schon 1840 errichtete auch Kenyon Blackwell in Russell's Hall-Eisenhütte bei Dudley einen Ofen mit 2·8 Meter Gestellweite, dessen wöchentliche Production

[1]) Die eingeschriebenen Maasse sind englische.

3556 Kil. (175 tons) betrug, damals die grösste Production in ganz
tafFordshire.

Eine der charakteristischsten Eigenthümlichkeiten von Gibbons'
sserungen war also die steile Neigung der Rast und die Abrundung der
estell von den Formen aufwärts begrenzenden Linien, wodurch alle
fen Winkel, welche früher oben und unten die Rast einfassten,
ieden wurden. Es ist klar, dass eine solche Formveränderung in
lichem Grade den Niedergang der Materialien in den entsprechen-
Theilen des Hochofens beeinflussen muss. Es wird hier an den
lungen weniger Reibung, mithin eine grössere Gleichheit in der
windigkeit der im Innern und am Rande niedersinkenden Materia-
tattfinden. Ausserdem darf man mit Recht annehmen, dass die an-
ene Aenderung in der Form nicht ohne Einfluss auf den aufsteigen-
asstrom und auf die Vertheilung der Hitze sein wird, wenn nicht
auch auf die Höhe der Temperatur im Innern des Hochofens,
ntlich unterhalb der Rast.

Die Abnahme an Volumen, welche die herabsinkenden Materialien
en, ist ein Punkt, welcher besondere Beachtung verdient. Ist das
material Holzkohle oder Koks, dehnt sich das Erz weder in der
merklich aus, noch zieht es sich zusammen, wie Magnet- und Roth-
tein oder geröstete Erze, und ändert der Zuschlag auch bei hoher
eratur sein Volumen nicht wesentlich, wie dies bei Kalk, ja selbst
hem Kalkstein der Fall ist, so sollte sich der innere Durchmesser
fens allmälig vermindern, im Verhältniss mit der Abnahme, welche
sten Materialien im Ofen durch Vergasung ihrer Theile erleiden.
Abnahme hält Schritt mit der Oxydation des Kohlenstoffs im Brenn-
ial, welche beginnt, wo die Reduction des Erzes stattfindet und die
eratur hoch genug ist, Kohlensäure durch Berührung mit Kohlen-
in Kohlenoxyd umzuwandeln. Daher sollte das Innere nach dem
zu immer enger werden, weil dort der Kohlenstoff am schnellsten
st wird, und namentlich in der Schmelzzone, wo das Volumen der
steigenden Säule durch das Flüssigwerden der Massen sich wesent-
ermindert, noch stärker verengt werden.

Die Geschwindigkeit, mit welcher das Brennmaterial verschwindet,
natürlich nach dessen Natur variiren. Leichte, leicht verbrennliche
ohle z. B. wird viel schneller vergast werden, als dichter und schwie-
verbrennender Anthracit. Die Windmenge, welche in einer gege-
Zeit in den Ofen gelangt, oder mit anderen Worten, die Schnellig-
les Ofenganges, wird ebenso die Geschwindigkeit der Verbrennung
gen. Ob Unterschiede in der Temperatur des Windes zu demselben
tat führen, lässt sich a priori schwierig sagen, weil bei heissem
e weit weniger Brennmaterial im Verhältniss zu einem gegebenen
um Roheisen verzehrt wird als bei kaltem Winde, und daher nicht
ert werden kann, dass in beiden Fällen ein verschiedener Grad der
menziehung des Volumens der herabsinkenden Säule stattfinde.



wurde als das Innere des Hochofens im oberen Theile
drisch sein, nicht aber sich erweitern müssen. Solche F
auch vielfach mit gutem Erfolge angewendet, z. B. zu
Hütte bei Osnabrück.

Vielfach aber ist es nöthig, noch einen Schritt wei
den Hochofen zur Gicht wieder etwas zusammen zu
weil es erforderlich ist, den bereits stark abgekühlten
seine letzte Wärme zur Vorbereitung der Erze aufwen
geringeren Querschnitt, den er gleichmässiger durchzie
schränken. — Für die Zusammenziehung des Hochofen
zu spricht übrigens auch ein praktischer Grund, näm
leichter ist, bei einer nicht allzuweiten Gicht die Mate
sprechend zu vertheilen. Wenn daher die nach oben
weiterte Form des Hochofens brauchbar für einzelne Fä
kohlenhochöfen, welche trockene Roth- und Magneteis
ten, sein mag, so ist sie doch unvortheilhaft für die Fä
es mit nassen oder wasserhaltigen (z. B. Brauneisen-) E

Tunner sagt bei Gelegenheit der Beschreibung r
über die weiten Gichten das folgende, wohl für die m
haupt Zutreffende[1]):

„Eine auffallende Eigenthümlichkeit in der Const
öfen am Ural sind die vorwaltend weiten Gichten,
2·75 Meter betragend. Ich glaube alle die Gründe
für die weiten Gichten sprechen, worunter besonders d
Niedergehen und das mindere Vorrollen der Erze viel
scheinen; allein die in Steiermark und Kärnthen dan
fahrungen, wie der Umstand, dass man auch in Engla
den weiten Gichten vorgegangen wurde, wieder mehr

Erzsatzes sein, während sehr grosse Sätze noch mehrere Nachtheile
n müssen. Bei den weiten offenen Gichten kommt es nicht selten
wie ich am Ural mehrmals zu beobachten Gelegenheit hatte, dass
Kohlen nach dem Aufgichten zu glühen, zu brennen beginnen, was
ifellos einen Verlust an Brennstoff zur Folge haben muss. Der Ge-
ich der weiten Gichten ist am Ural mit ein Grund des allgemein
ahlreichen Arbeiterpersonals bei den dortigen Hochöfen." —

Das Verbrennen der Kohlen lässt sich allerdings durch die auch für
Gasentziehung, die auf den uralischen Hütten nicht stattfindet, noth-
lige Bedeckung der Gicht vermeiden. Die Gichtgas- und Beschickungs-
rate werden aber um so ungeschickter und schwieriger zu hand-
n sein, je weiter die Gicht ist.

Allerdings kann auch die Gicht zu eng sein und ist in der That bei
en Oefen oft zu eng gemacht worden. Durch einen zu geringen Durch-
er kann nämlich thatsächlich der aufsteigende Gasstrom nachtheilig
flusst, der Hochofengang gestört werden. Die Gase werden dadurch
Hochofen einer zu hohen Spannung unterworfen, d. h. es kann unter
gleichen Umständen nur ein geringeres Windquantum eingeführt und
eine geringere Production erreicht werden. Ferner wird die Wärme
aufsteigenden Gasstromes nicht hinreichend ausgenutzt und die Gicht-
entweichen mit einer zu hohen Temperatur. Endlich werden die
rialien bei ihrem Niederrücken zu stark ausgebreitet; es bildet sich
ein todter Kohlenmantel und ein Kippen der Gichten wird befördert.

Nach Allem muss man gestehen, dass Erfahrung die einzige sichere
daher zuverlässige Führerin zu der richtigen inneren Form des für
bestimmtes Brennmaterial am besten geeigneten Ofens ist. Sehen
uns die Zeichnungen der Hochöfen an, welche zu verschiedenen Zei-
und an verschiedenen Orten errichtet sind, so erfahren wir, wie sehr
Meinungen in dieser Frage auseinandergehen. Freilich sind Expe-
nte in der Construction grosser Hochöfen sehr kostbar und können
deshalb nicht leicht angestellt werden, weil im Falle des Misslin-
der Verlust, sei es durch vermindertes Ausbringen, sei es durch Aen-
ng der Roheisenqualität oder durch Mehrverbrauch an Brennmate-
leicht sehr beträchtlich anwachsen kann [1]).

---

[1]) Gibbons sagt über das Experimentiren bei Eisenwerken sehr richtig:
Eine Compagnie experimentirender Arbeiter würde schlimmer sein als die
n von Aegypten. Auch der Director sollte sich lieber von solcher Lieb-
ei fern halten; sie ist gefährlich und ich gestehe, obgleich ich selbst etwas
inem Experimentator (*schemer*) bin: „Der Herr befreie mich von einer solchen
sen, unheilstiftenden Bande." In jedem Eisenhüttenwerke ist in Folge der
e der Operationen, der Zahl und Ausdehnung der Processe und wohl auch in
der Dunkelheit, in welche einige derselben gehüllt sind der Projectirer mit
n eingeschränkten Gesichtskreis und seiner gewissenlosen Hand das schlimmste
. . . Möge Wissenschaft herantreten; sie ist willkommen — wir finden
genug für ihre Thätigkeit, vielleicht auch genug, sie vor den Kopf zu stossen
n verwirren. Möge sie kommen! — Op. cit. p. 33.



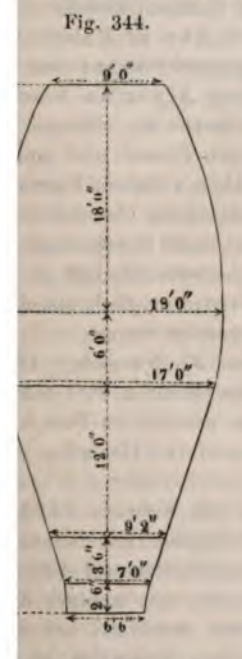
sein wird, wenn die Form des Hochofens (z. B. durc
schnittsveränderungen) stets einen annähernd gleichmä
stört oder verhindert.

Parry hat versucht, die Frage zu beantworten,
welche Verhältnisse einen Hochofen veranlassen müssen
tate in Bezug auf Qualität des Roheisens und Brenn
zu liefern, gleichgültig ob er mit offener oder behufs G
schlossener Gicht arbeite, und zwar durch Angabe ein
Aehnliche Versuche haben nach ihm Andere gemacht.
fahren kann indessen, wenn das vorher Gesagte als ric
wird, zu keinem Resultate führen, und die zahlreichen
sogenannten Normal- und Universalöfen haben in der T
einen praktischen Erfolg gehabt [1]). Als ein Beispiel
licher Versuche möge die Formel Parry's hier Erwä
lautet folgendermaassen:

„Der Durchmesser der Gicht sei gleich der Hälfte
Dieser letztere liege in keiner geringeren Tiefe, als se
messer beträgt. Die Wände des Ofens von der Gicht
seien schwach concav, um dieser Zone einen grösseren
geben, als es bei konischer Gestalt möglich wäre. De
die Curve dieses Theils der Wände muss auf der Ve
Durchmessers des Kohlensacks liegen. — Würde der Ra
nommen, so würde zwar der Fassungsraum vermehrt,
scharfen Krümmung der Curve ein Ofentheil gebildet,
rialien unangegriffen von den zur Gicht aufsteigenden
Die Curve ist nach unten bis an den Anfang der Rast fo
von den Formen anfangend bis hierher unter einem Wi

rhältniss der Kohlensackweite, Gichtweite und Gestell- Von dem Querschnitte des Hochofens vor den Formen, d. h. der er Formenebene, hängt die Productionsmenge ab, da mit dem desselben das Windquantum vermehrt, also auch die Menge er Zeiteinheit verbrennenden Kohlen vergrössert werden kann, mit der Verminderung des Querschnittes die eingeblasene Wind-bnehmen muss, um einen möglichst ökonomischen Betrieb zu vie dies Seite 193 auseinander gesetzt worden ist. Bei der Con-eines Hochofens muss man daher von der als gegeben ange-en Grösse der Formenebene ausgehen. Das Verhältniss des Kohlensacks zur Gestellweite ist von der Reductionsfähigkeit der Erze und der Schmelzbarkeit der Schlacke abhängig. Je leichter reducirbar die Erze sind, um so mehr kann sich die Weite des Kohlensacks der des Gestells und der Gicht annähern.

Fig. 344.



y's Normal-Hochofen.
ıb.-Meter Fassungsraum.

Sind die Erze leicht reducirbar und ist die Schlacke leicht schmelzbar, ein Fall, der bei manganreichen Spatheisensteinen vorkommt, welche bei hohem Brennmaterialaufwande Spiegeleisen, bei geringerem weissstrahliges oder gemeines weisses Roheisen geben, so kann der Ofen sich der Cylinderform möglichst annähern.

Sind die Erze schwer reducirbar und ist die Schlacke schwer schmelzbar, ein Fall, der namentlich bei quarzigen Rotheisensteinen, die auf graues Giessereiroheisen verschmolzen werden, vorkommt, so wird die Tonnenform am meisten ausgebildet, d. h. eine im Verhältniss zum Kohlensack enge Gicht und ein ebensolches Gestell gegeben werden müssen.

die Erze leicht reducirbar und ist die Schlacke schwer schmelz-häufig bei thonerdereichen Brauneisenerzen vorkommt, so ist e Gicht und ein verhältnissmässig enges Gestell zu wählen.

endlich die Erze schwer reducirbar und ist die Schlacke leicht ır, ein Fall, der auf viele Magneteisensteine, welche ein zum en geeignetes halbirtes Roheisen geben, passt, so kann bei wei-elle eine im Verhältniss zum Kohlensack enge Gicht angewendet

n auch die Reducirbarkeit des Erzes sich in bestimmten Gren-

In den fünfziger Jahren machte zuerst Abt in M
schlesien) den Vorschlag, einen elliptischen Querschnitt ar
abhängig von ihm hatte beinahe gleichzeitig Alger i
dieselbe Idee. Erst viel später brachte Raschette die ol
Vorschlag. Alger nahm auch in England ein Patent u
schaft wurde in London unter dem Titel: „Alger's Patent
pany, Limited" gegründet[2]). In einem gedruckten Circ
sellschaft (vom 30. März 1859) wurde nachstehende Darst
ges zweier Oefen gegeben, die der Hudson-Eisen-Gesellsch
einigten Staaten gehörten, und welche so weit wie möglicl
runden in die elliptische Form umgeändert worden waren

„Wir machten unsere ersten Abstiche am 27. Novem
hatten bis zum 31. December 1524 tons, wovon circa 9
Roheisen Nr. 1 waren, producirt. 1427 tons wurden im
ducirt, d. h. etwa 300 tons mehr als unsere anderen Hoc
Monate jemals geliefert hatten."

Alger sagt in einem Schreiben vom 24. Februar
machen jetzt mehr als 30 tons (ziemlich 33) täglich mit
Oefen, was ihre gemeinschaftliche Productionsfähigkeit au
tons wöchentlich beweist (1900 tons pro Monat), mit we
zuvor, wo wir 250 bis 300 tons wöchentlich machten,
Schachthöhe und gleicher Gebläsekraft[3]). Das Eisen i
besser."

An diesen Resultaten ist an sich nichts besonders Au
es wird nun weiter geschlossen:

„Diese Resultate beweisen über alle Frage die gross
Bezug auf Qualität, Ersparung und Production, welche vo

entlichen Gewinn, welcher aus der allgemeinen Einführung des paten-
en Princips erwachsen würde." Die Constructionskosten eines ellip-
hen Hochofens von 400 bis 600 tons wöchentlicher Production sollten
 nur auf die Hälfte derer eines nach alter Manier rund gebaueten be-
fen.

Es braucht kaum hinzugefügt zu werden, dass das der gewöhnliche
 von Patentgesellschaftsgründern ist, und man wird zweifelsohne den
aren Werth leicht zu schätzen wissen. Was die Production anbe-
ft, so braucht man nur darauf hinzuweisen, dass zu Dowlais, zu Bar-
 und anderwärts in einem Hochofen trotz der runden Form über 600
s (circa 600 000 Kilo), in Aberdare 480 tons (circa 480 000 Kilo)
hentlich gemacht werden. Uebrigens dürfte es doch wohl etwas kost-
liger sein, runde Hochöfen in elliptische umzuwandeln, als die Direc-
n jener Gesellschaft glaubten. Für die Verbesserung der Qualität
 die angeblich 25 Proc. betragende Brennmaterialersparniss fehlen
Beweise.

„Ich bin fern davon," sagt Percy, „principiell gegen das Alger'sche
em aufzutreten, welches nur durch sorgfältig geführte Versuche er-
t werden kann. Im Gegentheil, ich halte es für einen hübschen [1])
ch, obschon ich fürchte, dass es schwierig sein würde, einen grossen
tischen Hochofen so dauerhaft als einen runden zu bauen. Es giebt
bar eine Grenze für den Durchmesser der runden Oefen in der Un-
lichkeit, einen wirksamen Gebläsestrom bis in das Centrum zu brin-
 aber bei einem elliptischen Ofen existirt diese Schwierigkeit nicht
so."

Bereits im Jahre 1862 waren in der russischen Abtheilung der Welt-
tellung zu London Modelle langer rechteckiger Oefen mit einer Reihe
Formen an jeder Seite vorhanden, welche seitdem unter dem Namen
Raschette-Oefen allgemein bekannt geworden sind.

Dieselben haben sich bisher für Roheisenerzeugung ganz allein in
land Eingang verschafft, obwohl die Form für andere Metallhütten-
esse an vielen Orten verwerthet worden ist.

Tunner [2]) theilt von den russischen Hochöfen Folgendes mit:

„Eine Eigenthümlichkeit in der Hochofen-Construction am Ural
t sich (im Allgemeinen) in der Anwendung einer geringen Anzahl
 Formen und Düsen, indem selbst bei einer bedeutenden Production
nur eine einzige, zwei, in seltenen Fällen höchstens drei Formen ge-
en werden, welche dafür aber eine grosse Weite, bis 13 Centimeter
chmesser und darüber besitzen. Es kann füglich nicht bestritten
den, dass bis zu einer gewissen Grenze die gleichförmige Vertheilung
 Windes durch mehrere Formen einer geringeren Zahl derselben vor-
ehen sei. In dieser letzten Beziehung ist durch die Einführung der
ongen (elliptischen) Ofenschächte mit 6 bis 12 Formen, der nach

[1]) Fair. — [2]) Russlands Montan-Industrie, Seite 105.

innere in der Formenhöhe, selbst bei Holzkohlenverwendu
von etwa 2 Meter erhalten soll, ist nicht mehr anzunehm
und Wärme genügend nach der Mitte des Ofens im Schm
gen, daher in einem solchen Falle der Windvertheilung n
cipe der Raschette'schen Oefen unbedingt der Vorzug
dieses aber bei einer geringeren Ofenweite auch der Fall
zweifelhaft, und jedenfalls kann der Unterschied kein erh

Mit den Raschette'schen Oefen, welche am Ural a
hochöfen ziemlich verbreitet sind, hat man auf den meist
Anwendung zugleich eine viel geringere Ofenhöhe und w
Gichtöffnung verbunden, was ich bei den oblongen und el
ebenso, wie bei den kreisrunden für einen Fehler halte."

Wenn auch bei den oblongen Oefen der Weg für di
von der Form bis zur Ofenmitte ein kürzerer ist, als be
migen von gleichem Querschnitte, so wird doch dieser Vo
von bedeutenderen Dimensionen reichlich durch den
unhaltbareren Bauart aufgewogen [1]). Deshalb ist auch
Form der oblongen vorzuziehen.

Morgan [2]) hat vorgeschlagen, den ganzen Ofen od
Theil desselben ringförmig zu construiren, um Windstr
wie von aussen einführen zu können. Allein auch diese C
vielfache Nachtheile. Erstens ist es, selbst wenn der inne
bis zur Gicht durchgeht, schwierig, denselben hinreich
ja beinahe unmöglich, wenn er nur in den unteren Theil
einragen soll; zweitens ist die Zugänglichkeit des inner
durch Gewölbe, welche unter dem Bodenstein hinlaufen, h
tens wird die Beschickung in Folge der ungleichen Reibu

Gestell. In den alten Hochöfen hatte das Gestell meist (vielleicht stets) einen quadratischen oder rechteckigen Querschnitt, und man hat diese Form selbst bei manchen neueren Hochöfen beibehalten. Einige Hüttenleute in Süd-Staffordshire versichern indessen, dass Oefen mit solchen Gestellen erst dann gut arbeiten, d. h. ihre Maximalproduction erreichen, wenn der Heerd sich selbst rund gefressen hat; wenn dies so ist, so ist es nicht wenig erstaunlich, dass jene ursprüngliche Form nicht überall verlassen ist. Man findet sie in England noch sehr oft.

Eine Rechtfertigung der viereckigen Gestellform findet sich nur durch die leichtere Bauart, welche allerdings da eintritt, wo man das Gestell aus natürlichen Steinen herstellt. Die Herstellung der runden Form macht indessen auch in diesem Falle keine wesentlichen Schwierigkeiten. —

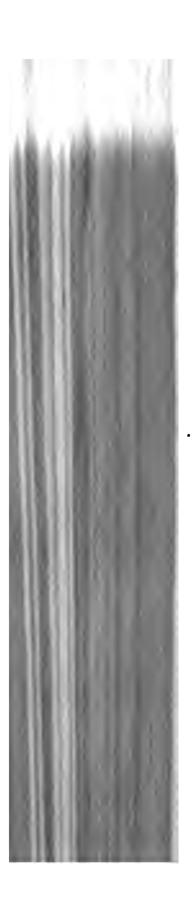
In Bezug auf die relativen Dimensionen des Gestells scheint es ohne Frage festzustehen, dass lange Zeit hindurch das Gestell stets zu klein gewesen ist, was eine kleine Production zur Folge gehabt hat. Weite Gestelle sind jetzt allgemeine Regel geworden, und nur in einzelnen Gegenden, z. B. in Frankreich, hält man noch an geringen Dimensionen fest. Es muss natürlich eine bestimmte Beziehung zwischen Gestell und den übrigen Ofendimensionen herrschen, aber ob dasselbe Verhältniss auf alle Arten von Erzen, Brennmaterialien, Windpressungen und Temperaturen passt, das ist eine nur durch Erfahrung zu lösende Frage.

Im Allgemeinen scheint man gegenwärtig bei 2·8 bis 3 Metern Weite vor den Formen die Maximalgrenze erreicht zu haben; auch wendet man so grosse Dimensionen gewöhnlich nur für die Erzeugung von weissem Roheisen an; für graues Roheisen beschränkt man sich auf 1·8 bis 2·2 Meter.

Heerd. Der Heerd schliesst sich bei den Blauöfen ganz der Form des Gestells an, bei Sumpföfen oder eigentlichen Hochöfen (vergl. S. 5 bis 40) dagegen zieht er sich unter dem Tümpel nach vorn fort, wo er durch den Wallstein abgeschlossen wird.

Die Blauöfen sind die ursprünglichen, aus den Stücköfen entstandenen Roheisenerzeugungsapparate. Sie wurden indessen bereits zur Zeit der alleinigen Anwendung von Holzkohlen vielfach in Sumpföfen umgewandelt, da es bei der Bildung einer Singulosilicatschlacke schwierig hielt, den Schlackenausfluss vor einer zu starken Abnutzung zu schützen. Die Schlacke nahm nämlich aus der den Schlackenabfluss bildenden feuerfesten Masse Kieselsäure auf und erweiterte so die Oeffnung schnell.

Da man nichtsdestoweniger in den meisten Fällen die grossen Vortheile erkannte, welche durch die Zusammenhaltung der Wärme bei Anordnung von Oefen mit geschlossener Brust entstehen mussten, so versuchte man später der Blauofenform wieder möglichst nahe zu kommen und legte den Wallstein so tief in den Ofen, dass seine Unterkante in die Fortsetzung der Innenkante des Tümpels fiel und nur die Aussenkante vor der Vorderkante des Tümpels hervorragte. Diese Einrichtung



selbst giebt unter Aufzählung der Vortheile seiner Cons
Beschreibung davon:

„Die Oefen mit geschlossener Brust haben, gegenül
heerd versehenen, den Vortheil des ununterbrochenen
was aufgegeben wird, kommt zum Schmelzen oder zum
beit im Innern des Heerdes findet nicht statt. Die na
äussern sich in erhöhter Production, grösserer Regelmäs
ganges, Ersparniss an Brennmaterial, Arbeitslöhnen und

Zeit, Arbeit und Material gehen beim Betriebe m
loren, weil derselbe fortwährende Reparaturen bedingt
eine ausserhalb des Heerdes liegende communicirende
welcher keine Verbrennung stattfinden kann. Brennma
die im Heerd befindliche Schlacke fällt, schwimmt und
da es der Einwirkung des Gebläses exponirt bleibt.
durch den Wind und den abfliessenden Schlackenstrahl
pel durch in den Vorheerd getrieben wird, ist dem Einf
entzogen. Nach und nach füllt sich der Vorheerd in F
Brennmaterial, oft eingehüllt von halberstarrter Sch
Heerd fortwährend zufliessende Schlacke findet den Weg
pel her abgesperrt und kann nicht abfliessen. Jetzt mu
aufgebrochen, sein Inhalt mit Stangen und Schaufeln
wobei die beim vorhergegangenen Abstich nothdürftig
raturen des Vorheerdes meistens wieder zerstört werde
ist während dieser Zeit ermässigt, an manchen Orten ab

Diese Zeitverluste wiederholen sich nach geschehen
in erhöhtem Maasse, indem dann gewöhnlich Reparatur
der Seiten und des Dammes nothwendig sind.

Schwierigkeit und Zeitdauer dieser lästigen Operationen wechseln
ch den Verhältnissen; sie steigen unter allen Umständen mit den
ensionen der Oefen, doch können sie auch bei dem kleinsten Holz-
enofen beschwerlich werden, wenn steife Schlacke producirt wird.
Während nun gewöhnlich der Stillstand im Schmelzprocess keine
eren üblen Folgen nach sich zieht, als eben die der gestörten Produc-
so summiren sich die Nachtheile derselben dann zu einer bedenk-
n Höhe, wenn der Ofen aus anderen Ursachen schon stark abgekühlt
Die Entfernung der zäh zusammenhängenden Massen ist dann
elt schwierig, zeitraubend und häufig unmöglich; mittlerweile haben
die Winderhitzungsapparate, ebenso die Dampfkessel abgekühlt; es
Alles zusammen, um den Stillstand doppelt empfindlich zu machen
die nothwendige Entfernung übler Folgen lässt so die Ursachen der-
n nur wachsen. Die Zeit, welche während 24 Stunden bei Oefen in
alem Zustande verloren geht, lässt sich auf $^1/_2$ bis 2 Stunden ange-
sie wechselt sehr unter verschiedenen Betriebsverhältnissen; Her-
nen und Gewohnheit mögen oft den Zeitverlust unnöthig erhöhen.
nfalls spielen bei diesen Anstrengung und Geschick erfordernden
iten die Schmelzer ihre wichtigste Rolle; ein höchst bedeutungs-
r Theil des Betriebes liegt thatsächlich in ihren Händen, was sie
auch gewöhnlich recht gut auszubeuten wissen. Anders ist es bei
n mit geschlossener Brust; hier geht weder Zeit noch Brennmaterial
ren."

Lürmann wurde durch mannigfache Versuche, welche zum Zweck
n, den von ihm geleiteten Kokshochöfen der Georg-Marien-Hütte bei
rück die Vortheile der geschlossenen Brust zuzuwenden, zuletzt auf
ehr einfache Einrichtung geführt, welche die Anforderungen der
iedenartigsten Betriebsverhältnisse vollständig erfüllt.

Die Schlacke wird durch ein kleines wassergekühltes Gussstück
vom Innern des Heerdes gezapft. Dieses Gussstück, Schlacken-
(*cinder-block*) genannt, findet sich in Fig. 345 (a.f.S.) abgebildet.
gekühlte Schlackenform *B* ist vermittelst des sie tragenden Bügels
das Tümpeleisen *A* durch eine Schraube *d* befestigt.

Die Lürmann'sche Einrichtung wurde zuerst im Jahre 1866 an
n Ofen der Georgs-Marien-Hütte probirt, die Vortheile derselben er-
nen so offenbar, dass sie eine überaus rasche Verbreitung fand; zu-
st in Deutschland und den Vereinigten Staaten von Nordamerika.

Die Düsen, so viele es deren sein mögen, werden regelmässig auf
ganzen Umfang vertheilt; sie liegen alle in derselben, aber einer
ren Ebene als die Schlackenform. Die Differenz beträgt gewöhnlich
Meter.

Die Schlackenform ist an einem Punkte des Ofens eingelassen, der
bequemen Abfuhr der Schlacke am geeignetsten erscheint. Da die
itsseite (Vorheerd und Tümpel) wegfällt, ist Gelegenheit gegeben,
hier Wind in den Ofen zu führen und so den Gang desselben zu

verbessern. Fig. 346 zeigt die Einrichtung, wie sie leicht an ei schon bestehenden Ofen ausführbar ist, selbst wenn derselbe im Bet sein sollte. Nach Wegnahme des Wallsteins wird unter dem Tümpe

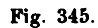
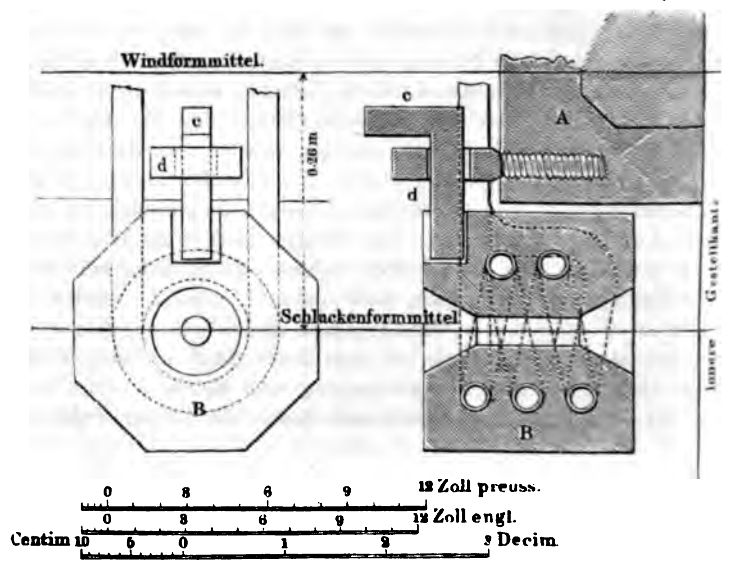


Fig. 345.



Vorderansicht. Verticaldurchschnitt.

Lürmann's Schlackenform.

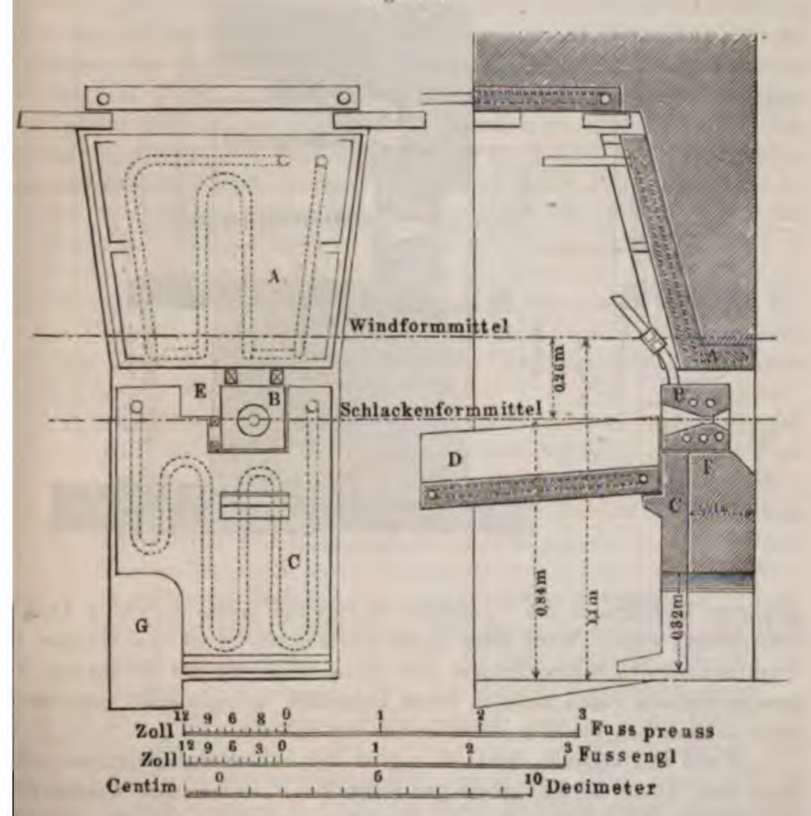
die mit Stichloch *G* versehene Verschlussplatte *C* aufgestellt und fest gekeilt; diese Platte ist durch feuerfeste Steine *F* geschützt. Nach Einfügung der Schlackenform *B* kann das Gebläse angestellt werden. Alle Theile sind mit Wasser gekühlt. *D* ist ein ebenfalls gekühlter Schlackenlauf. Neben der Schlackenform ist der Ausschnitt *E* in der Verschlussplatte ausgespart, welcher, mit Thon geschlossen, leicht geöffnet werden kann, wenn aus irgend welcher Ursache die nur 2 bis 4 Centim. weite Oeffnung der Schlackenform nicht ausreichen sollte.

Fig. 347 (a.S.702) giebt die Einrichtung für einen neu zuzustellenden Ofen, wo Schlackenform und Abstich an verschiedenen Seiten angebracht werden können. Hier ist eine nischenartige Vertiefung, ähnlich einem Formgewölbe und von nur 42 Centim. Breite im Gestell ausgespart.

Die Schlackenform *B* ist rings mit Thon umstampft und am Herausrücken durch die Vorrichtung *cd* verhindert. Die gut gekühlte Gussplatte *A* wird durch die Keile *aa* festgehalten; letztere stecken in den eingemauerten Muffen *b*. Bei solchen Oefen wird der über und neben dem Stichloche liegende Mauerwerkstheil zweckmässig ebenfalls durch

wassergekühlte Platten geschützt, das Stichloch selbst aber durch in dasselbe eingesetzte Steine und feuerfesten Thon auf eine angemessene Grösse zurückgeführt.

Fig. 346.



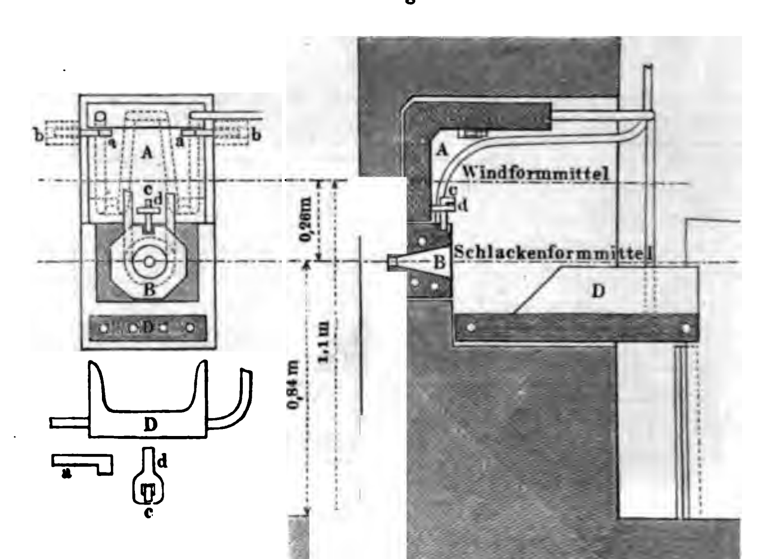
Nach einer dritten Anordnung wird die Schlackenform in dem Kühlkasten selbst befestigt und darin durch Riegel festgehalten. Sie ist dann von einem circa 8 Centim. weiten, mit Thon geschlossenen Raum umgeben, um vorkommenden Falls leicht geöffnet werden zu können, und bedarf dann keiner eigenen Kühlung.

Die drei angegebenen Anordnungen haben sich in der Praxis als zuverlässig und bequem erwiesen, können übrigens beliebig modificirt werden, wenn nur für passende Kühlung der die Form umgebenden Theile und für eine richtige Lage der Form selbst Sorge getragen ist.

Die Form sollte nahe der inneren Kante des Gestelles und hoch genug liegen, um vor Berührung des geschmolzenen Eisens geschützt zu sein.

Es lässt sich im Allgemeinen sagen: die untere Kante der Schlac[illegible] sollte so hoch über dem Bodenstein liegen, dass der durch diese

Fig. 347.



gebildete Heerdraum um $^1/_3$ grösser ist, als für einen normalen erforderlich wäre. Wird diese Regel beobachtet, so ist die Ge Ausbrennens der Schlackenform sehr klein; denn nur die Berühr geschmolzenem Eisen zerstört dieses Gussstück gelegentlich, wi auch bekanntlich bei den Windformen der Fall ist.

Weite und Gestalt der Oeffnung in der Schlackenform rich nach dem Grade der Zähigkeit der Schlacken. Für Oefen, wel dünnflüssige Schlacke produciren, nimmt man gern cylindrische (gen von circa 2·5 Centim. Weite, während für entgegengesetzte Fi fast ganz conische Oeffnung mit 4 bis 5·2 Centim. engstem Du am bequemsten ist.

Unter allen Umständen lässt sich die hier nöthige Erfahr den besonderen Fall schnell erwerben; denn die Schlackenformen leicht anzufertigende Gussstücke, dass sie auf jeder Hütte hergeste den können.

Die Windformen sollten mindestens 26 Centim. über der Sch ausflussöffnung liegen, damit das Eisen stets durch eine ge Schlackendecke geschützt ist.

Betrieb. Sobald sich Schlacke in der Höhe der Windform wird die zunächst geschlossen gewesene Schlackenöffnung durch

nun die Schlacken continuirlich laufen oder von Zeit zu Zeit abge-
›chen werden sollen, hängt von ihrer Quantität und ihrem Flüssigkeits-
ade ab.

Bei Verarbeitung armer, leicht schmelziger Erze lässt man den
hlackenablauf fortwährend stattfinden, denn hier kann die Oeffnung
hr enge (2 bis 2·5 Centim.) genommen werden; dieselbe wird in diesem
lle nur nach dem Eisenabstich geschlossen und wieder geöffnet, wenn
e Schlacke bis in die Höhe der Windformen gestiegen ist. Zum Schlies-
n bedient man sich am besten einer Eisenstange mit conischem Ende,
elches in den engsten Theil der Oeffnung passt und vor dem Einbrin-
n in dünnen Lehm getaucht wurde; soll dann die Schlacke wieder
essen, braucht diese Stange nur herausgezogen und die etwa hinter der
hlackenform festsitzende zähe Masse durchstossen zu werden. Wo es
othwendig oder bequem erscheint, die Schlacke nur von Zeit zu Zeit
zuzapfen, schliesst man ab, sobald Wind durchzublasen beginnt. Für
lche Fälle sind gewöhnlich Oeffnungen von 4 Centim. Weite passend.

Aus dem Angeführten lassen sich für die Oefen mit geschlossener
rust folgende Vortheile resumiren:

1. „Die Schlacke läuft immer in ein und demselben Niveau ab; deshalb werden Schwankungen der Schlackensäule im Gestell beseitigt und dadurch die Abnutzung des letzteren vermindert.
2. Beseitigung der Stillstände bei den Abstichen und dem Schlackenaufarbeiten, also wärmerer und regelmässigerer Gang des Ofens.
3. Durch Beseitigung des Vorheerdes, beziehungsweise des Wallsteins ist die Verlegung des gewöhnlich in Letzterem angebrachten Eisenabstichloches in die Gestellwand ermöglicht; die Oeffnung des Abstichs wird eine viel leichtere, weil derselbe um mehrere Fuss näher bei dem Mittelpunkt des Gestells liegt.
4. Das vollständig geschlossene Gestell gestattet ohne jede Unbequemlichkeit eine beliebige Steigerung der Windpressung, weil ein Auswerfen der Materialien durch den Wind unmöglich ist.
5. Regelmässigerer und besserer Gang des Ofens durch die möglich gewordene gleichmässige Vertheilung der Windformen.

Alle diese Punkte treten zusammen, um eine Mehrproduction als
türliche Folge erscheinen zu lassen. Dieses hat sich denn auch bei der
ossen Anzahl von Oefen, welche in den letzten Jahren die Lürmann'-
e Construction angenommen haben, durchaus als richtig erwiesen. Die
zielte Mehrproduction ist da am höchsten, wo vorher am meisten Zeit
rloren ging; es liegen zahlreiche Beweise vor, dass dieselbe im Mini-
um 10 Proc. beträgt, in manchen Fällen aber bis zu 40 Proc. an-
igen kann. Das Ersparniss an Brennmaterial schwankt zwischen 5
d 10 Proc.“

Getrennte Räume im oberen Theile des Hochofens. Man hat
hon vor vielen Jahren vorgeschlagen, Brennmaterial und Erz in ge-



erfundene, wonach der Ofen im oberen Theile aus drei
Schächten, einem verticalen centralen Schachte und zwei i
denselben einmündenden geneigten Seitenschächten gebil
welche letztere für die Aufnahme des Brennmaterials be

Abgesehen nämlich davon, dass derartige Construct
plicirt ausfallen, ist es auch kaum durchzuführen, da
leichteren Brennmaterialien den Erzen in hinreichende
miger Menge an der Stelle zugeführt werden, wo die v
theilungen sich wieder vereinigen. Zudem geht die Lo
zen Schmelzsäule, welche durch das eingeschichtete Bren
wird, verloren. Keine dieser Einrichtungen hat sich dahe
gang verschaffen können.

Bei den geschilderten Constructionen gehen, wenn
material aufgiebt, die Verkokungsgase wie gewöhnli
Um dieselben indessen wie bei gut eingerichteten Verko
Verbrennung im Hochofen selbst auszunutzen, hat Fer
gen, in den oberen Ofenschacht vollständige Verkokung
bauen, welche einen gewissen Theil des Querschnittes in

Ferrie hat einen solchen Ofen auf der Monklandht
gebaut, der Ofen hat 25·3 Meter Höhe, 5·5 Meter Rastwei
Gichtweite und ist mit Parry'scher Aufgebevorrichtun
obere Ofenraum von 6·1 Meter Tiefe ist in vier gleich
getheilt, deren Scheidewände auf zwei sich kreuzenden
Diese Scheidewände sowohl, als die Kernschachtmauer
versehen. Die Verkokungsgase entweichen aus den zw
der rohen Kohlen bestimmten, sich diametral gegenüber
mern durch Oeffnungen, welche nahe der Gicht liegen,

		Gewöhnlicher Ofen	Ferrie's Ofen
Erster Versuch	Steinkohlen	2 600 Kilo.	1 798 Kilo.
	Eisenstein	2 950 „	1 808 „
	Kalkstein	679 „	629 „
Zweiter Versuch	Steinkohlen	2 661 „	1 732 „
	Eisenstein	2 065 „	1 945 „
	Kalkstein	526 „	527 „

Angeblich war der Gang regelmässig, die Gase reichten noch zur Winderhitzung und Dampfkesselheizung aus, die Scheidewände waren dauerhaft [1]).

Ob die als so günstig dargestellten Resultate sich auf die Dauer bestätigen werden, muss vorläufig dahin gestellt bleiben. Wahrscheinlich ist es nicht, denn erstens kann man sich nicht verhehlen, dass die Gleichmässigkeit des Niederganges der festen Materialien ebenso, ja mehr noch als bei den vorher geschilderten Einrichtungen gestört werden muss, und zweitens ist die Construction so complicirt, dass sie keine grosse Dauer verspricht und Reparaturen mit den bedeutendsten Schwierigkeiten verbunden sein müssen. Schon Schinz [2]) führt mit Recht an, dass, abgesehen von der Seltenheit für diesen Ofen geeigneter, d. h. nicht backender und doch fester koksgebender Steinkohlen, auch der Vergleich der Resultate des alten und neuen Ofens eben nur eine Brennstoffersparniss von 15 Proc., dagegen auch eine Minderproduction von 25 Proc. ergäbe, dass ausserdem die erfolgte Erhöhung des Ofens von circa 20 auf 26 Meter eine grössere Leistung des Gebläses bedinge, wenn die gleiche Production erreicht werden sollte, und dass zu den dadurch entstehenden Mehrkosten noch die der theureren Construction und Unterhaltung kommen. Schinz sieht einen Fortschritt nur darin, dass der grössere Theil der Reductionszone durch die Gichtgase erwärmt werde — ein Vorgang, der übrigens schon von Erbreich in Oberschlesien durch Einführung von Wind oberhalb des Kohlensacks zur Verbrennung des Kohlenoxydes im Anfang der sechziger Jahre zu erreichen gesucht wurde.

Höhe. Die Ofenhöhe der älteren Holzkohlenhochöfen war gewöhnlich nur 8 bis 10 Meter. Man fürchtete, dass bei einer grösseren Höhe die Holzkohlen dem Zerdrücken nicht hinreichend widerstehen würden. Diese Ansicht ist indessen eine irrige gewesen, da man in Russland in neuerer Zeit mit Erfolg solche zwischen 15 und 16 Meter Höhe anwendet.

Bei Koks pflegte man von Anfang an eine Höhe von 14 Metern zu wählen, stieg häufig auf 16 Meter und erreichte in einzelnen Fällen sogar 31 bis 32 Meter.

Im Allgemeinen lässt sich wohl behaupten, dass die Wärme um so besser ausgenutzt wird, je höher der Ofen ist; aber für die einzelnen Fälle wird die Höhe doch durch den Widerstand begrenzt, welchen die

---

[1]) Engineering 1871, S. 413.
[2]) Dingl. polyt. Journ. S. 505 Bd. 20, 1.

Gase beim Aufsteigen finden. So hat sich für die mulmigen Brauneisenerze Oberschlesiens eine grössere Höhe als 16 Meter nicht bewährt, während bei den festen Stückerzen von Cleveland die Oefen in der Gegend von Eston vielfach 22 Meter und darüber ohne Nachtheil erreichen.

Absolute Dimensionen. Die absoluten Dimensionen verschiedener Hochöfen werden durch die Figuren 348 bis 365, in welchen die nach englischem Maasse angegebenen Abmessungen des Originals beibehalten

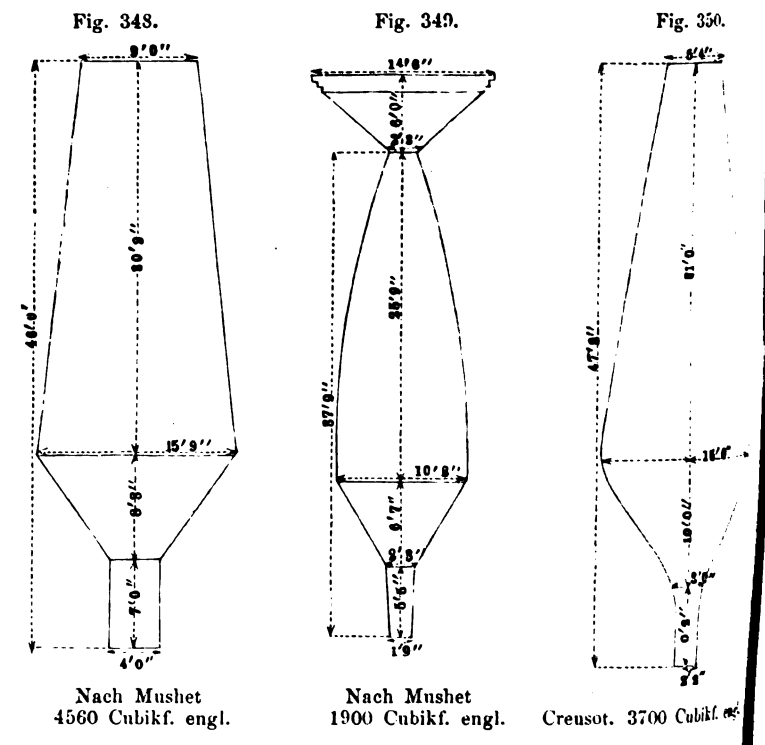


Fig. 348. Nach Mushet 4560 Cubikf. engl.

Fig. 349. Nach Mushet 1900 Cubikf. engl.

Fig. 350. Creusot. 3700 Cubikf. engl.

sind, veranschaulicht. Dieselben werden in dem letzten Capitel dieses Abschnittes noch weitere Ergänzungen finden.

2. Aeussere Form.

Das Allgemeine über die Construction des den Ofenschacht umschliessenden Gemäuers ist schon in dem vierten Abschnitte I, Seite erörtert worden. Es bleibt nun noch übrig, einige Einzelheiten ...teln.

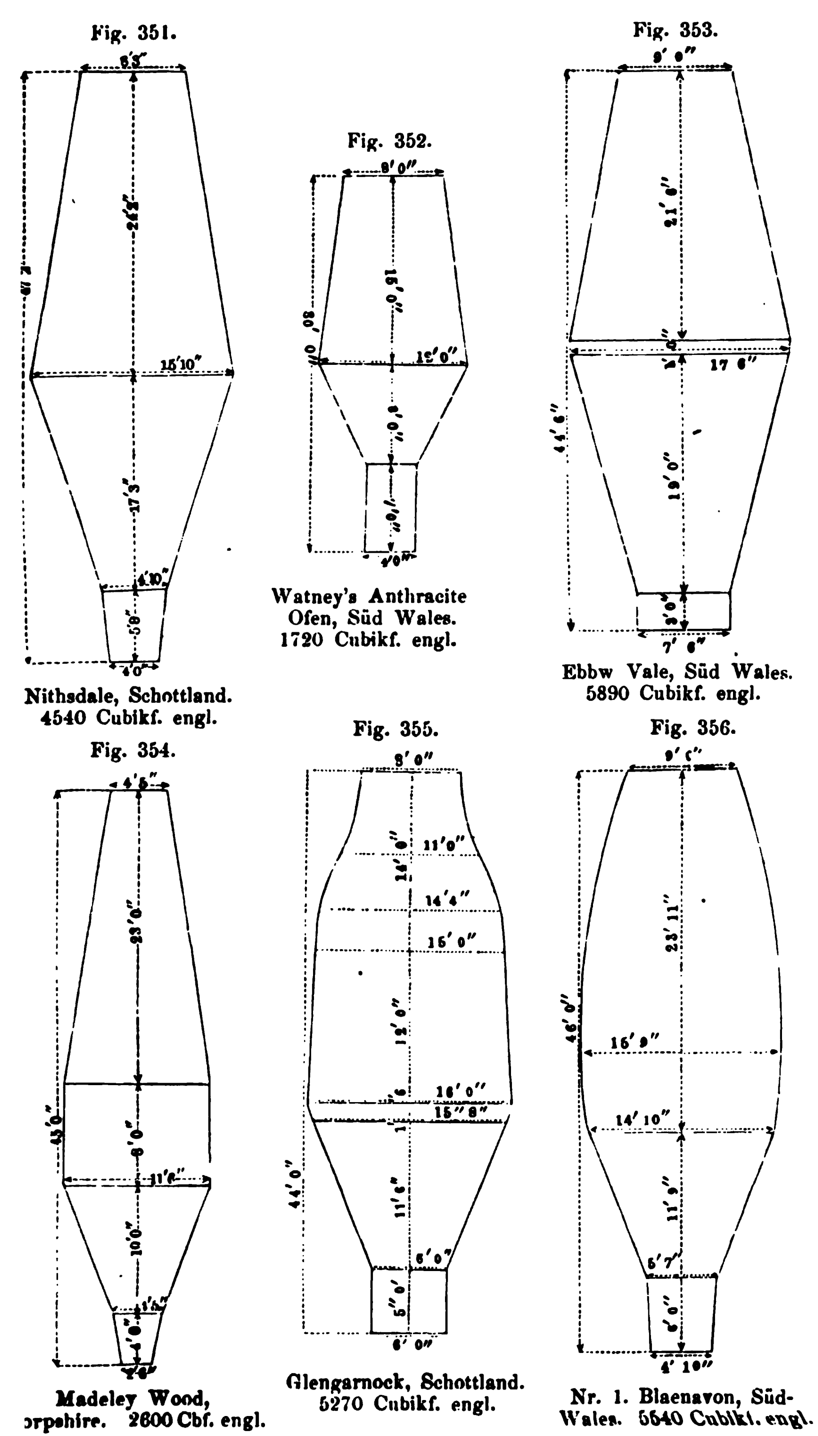


Fig. 351. Nithsdale, Schottland. 4540 Cubikf. engl.

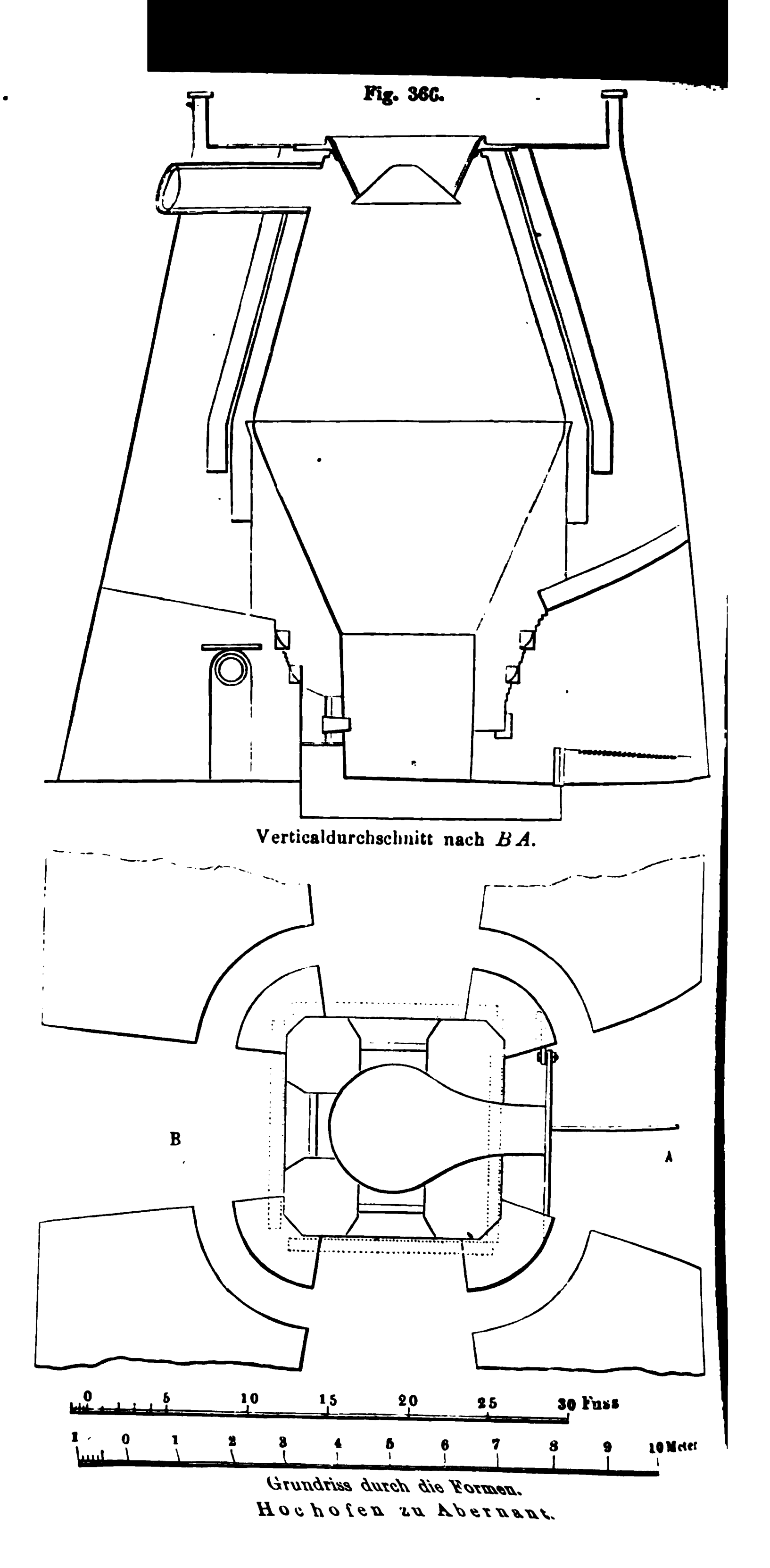
Fig. 352. Watney's Anthracite Ofen, Süd Wales. 1720 Cubikf. engl.

Fig. 353. Ebbw Vale, Süd Wales. 5890 Cubikf. engl.

Fig. 354. Madeley Wood, Shropshire. 2600 Cbf. engl.

Fig. 355. Glengarnock, Schottland. 5270 Cubikf. engl.

Fig. 356. Nr. 1. Blaenavon, Süd-Wales. 5540 Cubikf. engl.



Hochofen zu Abernant.

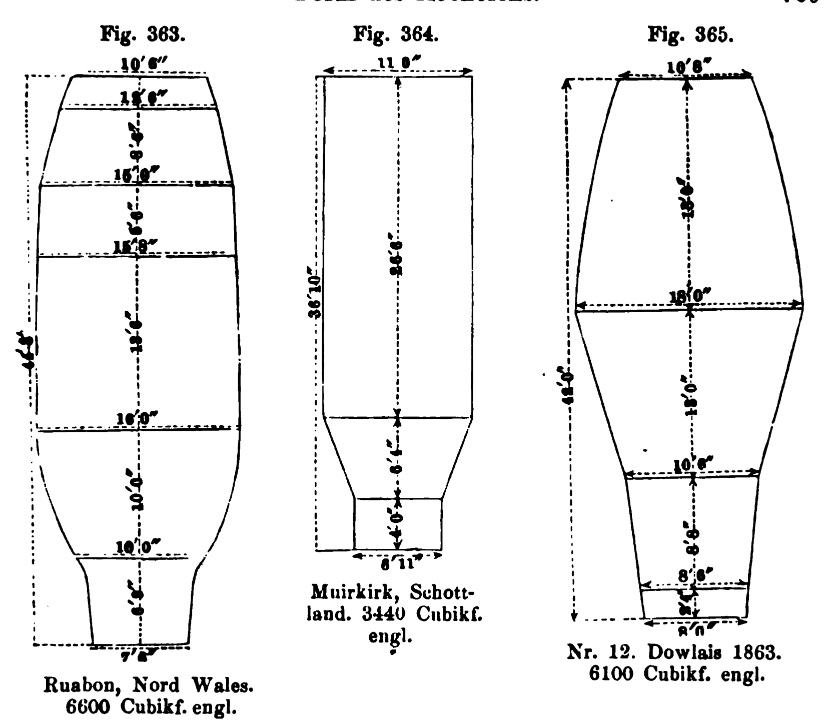


Fig. 363. Ruabon, Nord Wales. 6600 Cubikf. engl.

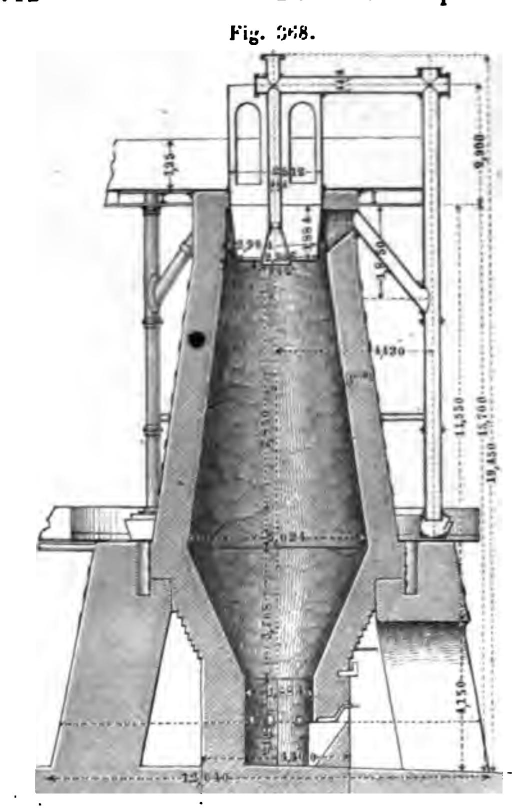
Fig. 364. Muirkirk, Schottland. 3440 Cubikf. engl.

Fig. 365. Nr. 12. Dowlais 1863. 6100 Cubikf. engl.

Bau des Hochofens. Den Bau des Hochofens beginnt man, nachdem das Fundament gelegt ist, mit dem Rauhschacht; dann erst wird der obere Theil des Kernschachtes, ungefähr vom Kohlensacke an, aufwärts eingebaut und hierauf der untere, das Gestell und die Rast bildende Theil des Kernschachtes eingesetzt. Der untere Theil der Brust bleibt hierbei offen und wird beim Blauofen durch die Schlackenform und den darunter liegenden Stein, beim Sumpfofen durch den Wallstein erst dann geschlossen, wenn der Ofen ausgetrocknet, abgewärmt und soweit in Betrieb gesetzt ist, dass sich geschmolzene Massen vor den Formen zu zeigen beginnen.

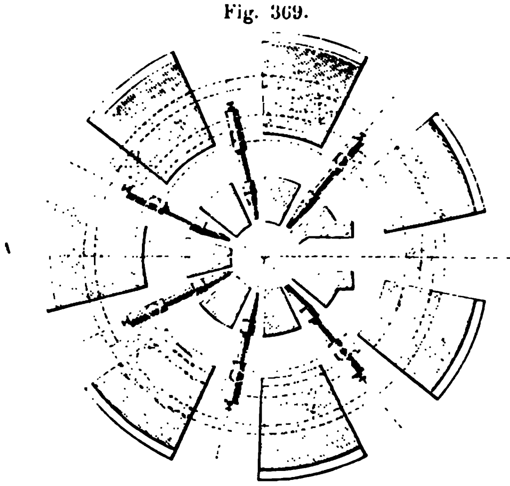
Rauhschacht. Die äussere Hülle des Hochofens, der Rauhschacht, wurde in früheren Zeiten ungemein stark und stets aus Steinen gefertigt, wie dies die umstehenden Figuren (366 und 367) darstellen. Es hatte dies den Zweck, die Abkühlung nach aussen möglichst zu verhindern. Später fand man, dass namentlich bei grösseren Ofenquerschnitten diese Abkühlung gar keine so grosse Rolle spiele, als man anfänglich glaubte, ja dass sogar eine Abkühlung zur Erhaltung des Mauerwerkes vortheilhafter sei, als der dadurch veranlasste Mehraufwand an Brennmaterial nachtheilig. Man machte daher das Gestell freistehend und von allen Seiten zugänglich und stellte den oberen Theil des Rauhschach-

Fig. 368.



Hochofen zu Neuss. (Verticalschnitt nach *AB*, Fig. 369.)

Fig. 369.



Horizontalschnitt durch die Formen (Fig. 368.)

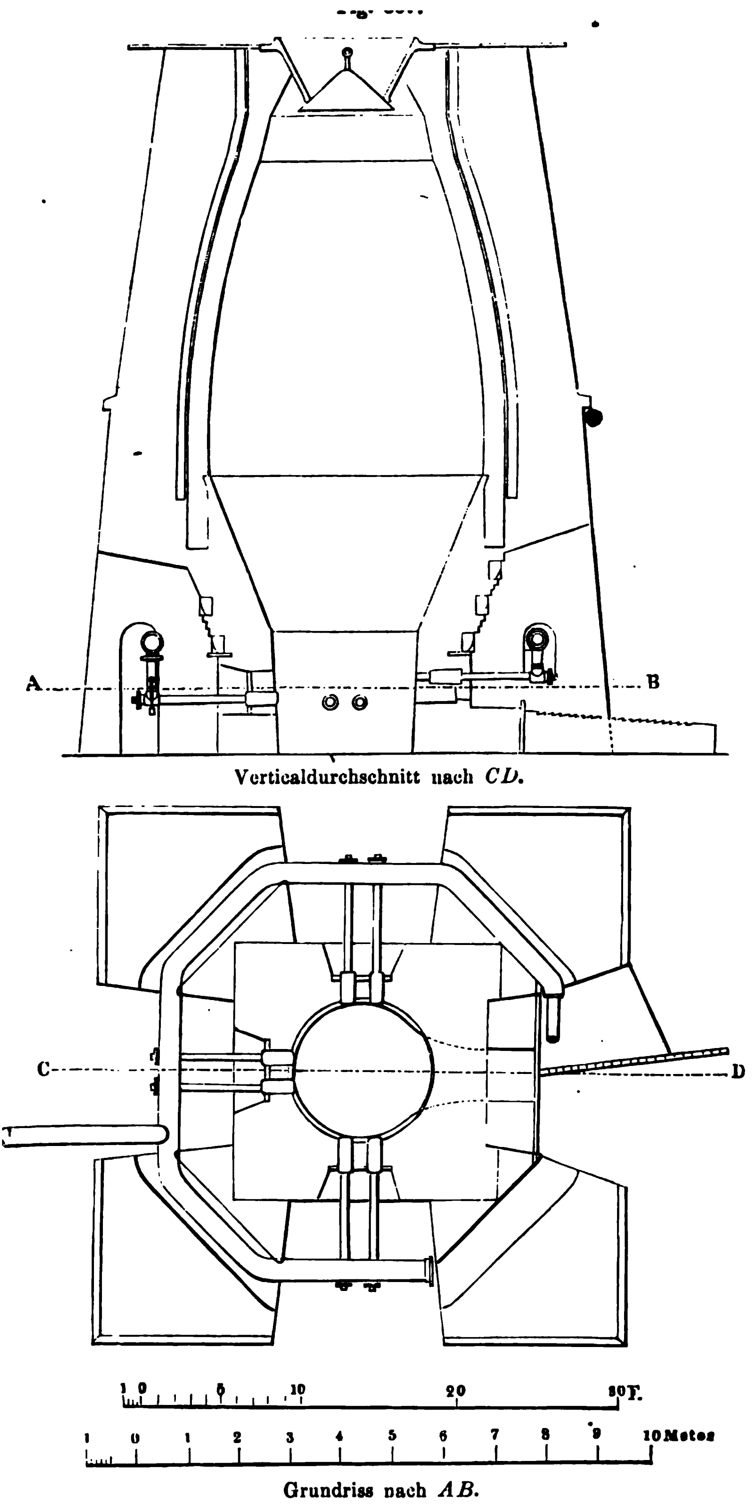
tes auf einzelne pfeiler oder eisen len. Auch in Be: den oberen Th Rauhschachts gi in der Stärke de: werks mehr un herab, liess ihn oft nur aus einen blechmantel[1] **b und hat ihn neu sogar ganz fortg** Man bedarf dan haupt eines Raub tes nur, um den schacht am Koh. den nöthigen I gewähren.

Diese, zuer Büttgenbach a Hochofen zu Ne geführte Constru in Fig 368 und 3 gestellt. Sie ist gegenwärtig au rere andere H z. B. in Gleiwi Königshütte in schlesien übertra

Kernschach Kernschacht m allen Fällen hinrei Freiheit für die A nung bei der mung gewährt Da aber der unte desselben, das einer weit höher hitzung unterlie der obere Thei eigentliche Kern so muss man beid möglichst unal

---

[1]) Siehe Seite



Verticaldurchschnitt nach *CD*.

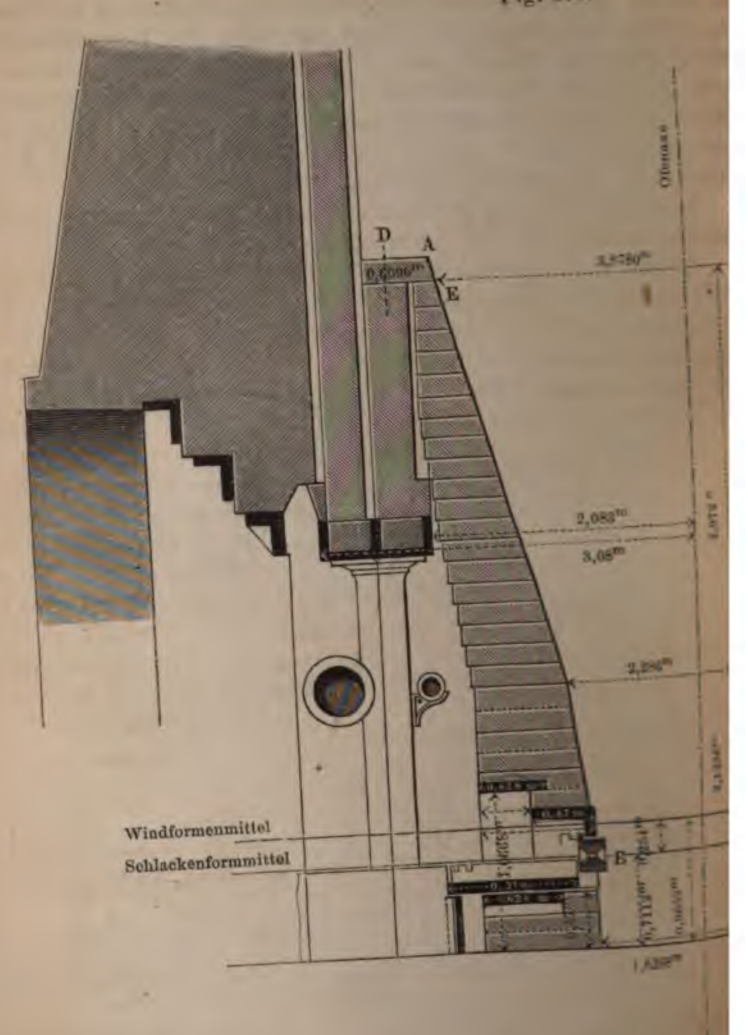
Grundriss nach *AB*.

Hochofen zu Aberdare.



(Zu Seite 713.)

Fig. 370.



Vertical-Schnitt nach ABC, Fig.

einander machen, was um so mehr erforderlich wird, als das Gestell
eller zerstört zu werden pflegt, als der Kernschacht, und daher häu-
r als letzterer erneuert werden muss. Um dies zu erreichen, baut
den Kernschacht zuerst ein und stellt ihn auf einen sogenannten
ss, welcher vom Kohlensacke abwärts liegt und als Stütze dient, wie
aus den nebenstehenden Zeichnungen eines Hochofens zu Gleiwitz
. 370 *D*) ersichtlich ist. Dann erst wird der Bodenstein gelegt
auf diesen das Gestell gesetzt, welches frei unter die sogenannten
tsteine greift. Die Raststeine bilden eine Steinreihe, welche den
luss des Kernschachtes nach unten macht, direct auf dem Fusse
t und nach innen so weit vorragt, um den nöthigen Raum für die
rste Reihe der Gestellsteine frei zu lassen.

Bei der Ausdehnung in Folge der Erhitzung schliesst sich die Hori-
talfuge zwischen Gestell und Raststeinen vollkommen.

In Fig. 370 (siehe vorstehende Tafel) ist der Verticalquerschnitt nach
C der Fig. 371 des Gestelles bis zum Raststein (*A*) abgebildet. *B* ist
Lürmann'sche Schlackenform, *C* der Eisenabstich, *D* der den oberen
nschacht tragende Fuss. Der letzte Stein *E* des Gestelles schliesst
n Bau nicht ganz dicht an *A* an.

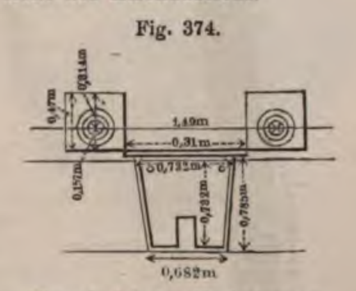
Fig. 371 stellt den Horizontalquerschnitt durch die Formenebene dar, in welchem links ebenfalls die Art des Einbaues der Schlackenform zu erkennen ist, während der Abstich nach *A* zu liegt.

Aus Fig. 372 u. 373 sind die Details der Schlackenform ersichtlich. Fig. 372 ist Grundriss, Fig. 373 vordere Ansicht. Fig. 374 zeigt die vordere Ansicht des Eisenabstichs.

Fig. 372 u. 373.

hlackenform des Hochofens zu Gleiwitz (Grundriss u. vordere Ansicht.)

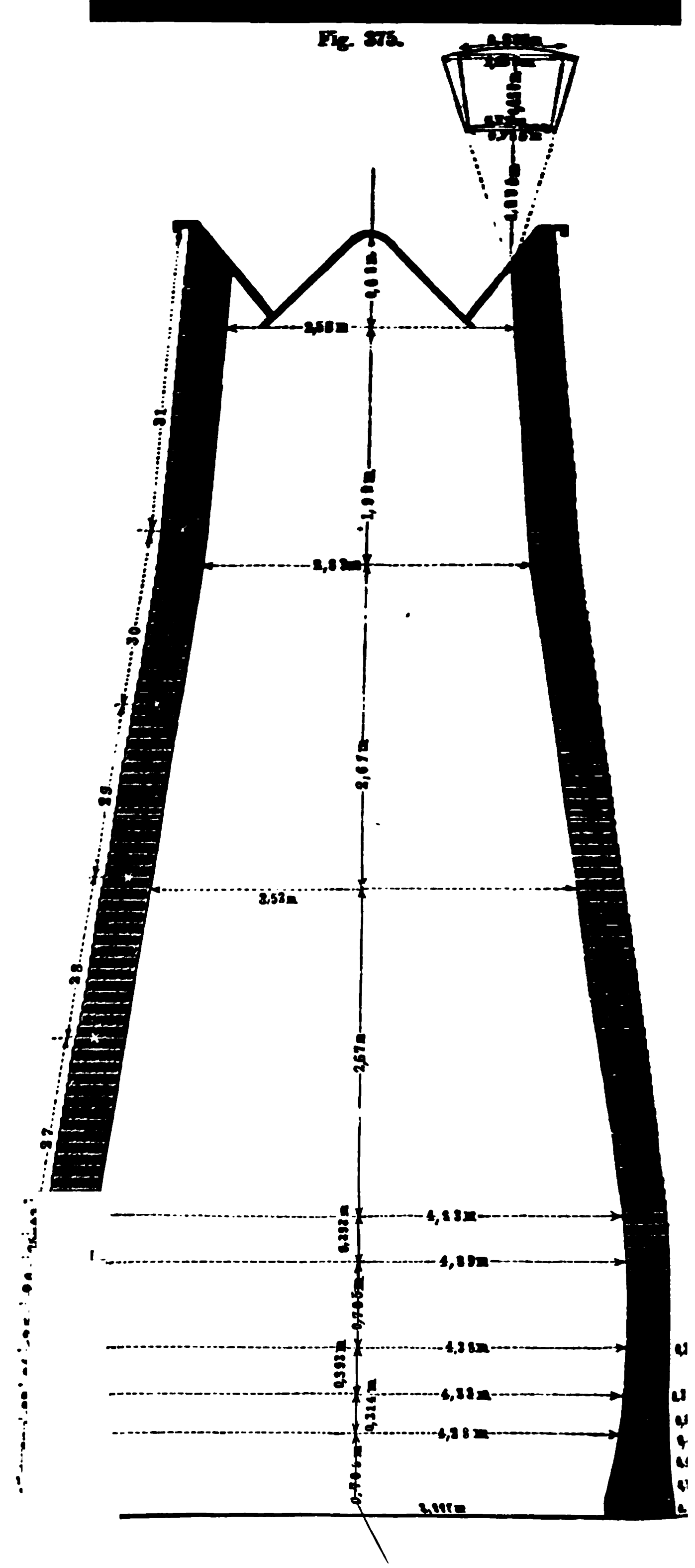
Fig. 374.



Eisenabstich des Hochofens zu Gleiwitz (vordere Ansicht.)

In Fig. 375 ist der obere Kernschacht desselben Hochofens darge-
lt, welcher auf die Raststeine aufgesetzt wird. Die Gicht des Ofens
wie nur angedeutet, durch den Parry'schen Gasfang geschlossen.

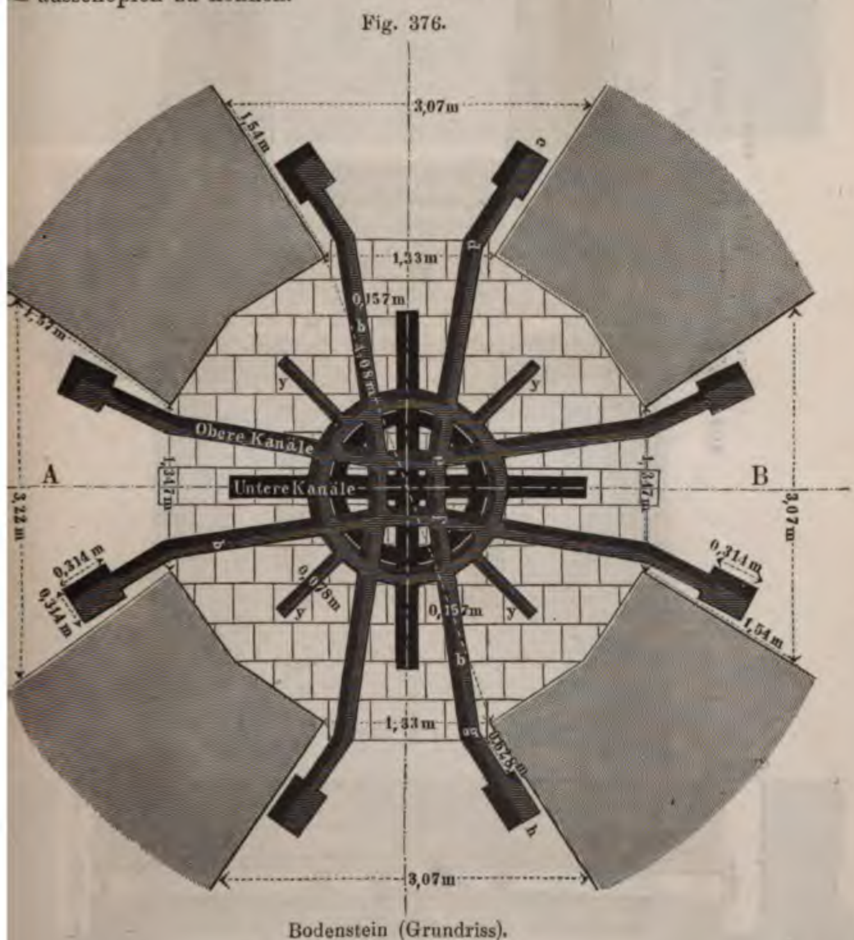
Fig. 375.



Kernschacht des Hochofens zu Gleiwitz.

In Fig. 376 ist der Bodenstein mit den Canälen zum Abzapfen des urch denselben sickernden Ofenbleis dargestellt. Die oberen (lichter hraffirten) Canäle bilden ein System für sich. Die kleinen Canäle *y* llen nach dem kreisförmigen Canale zu ab, während die grösseren *b* n letzterem aus zu den in den Formengewölben befindlichen Sammel-chern *c*, *h* etc. führen. Von Zeit zu Zeit wird in den Sammellöchern euer angemacht, um das erstarrte Blei zum Fliessen zu bringen und ausschöpfen zu können.

Fig. 376.



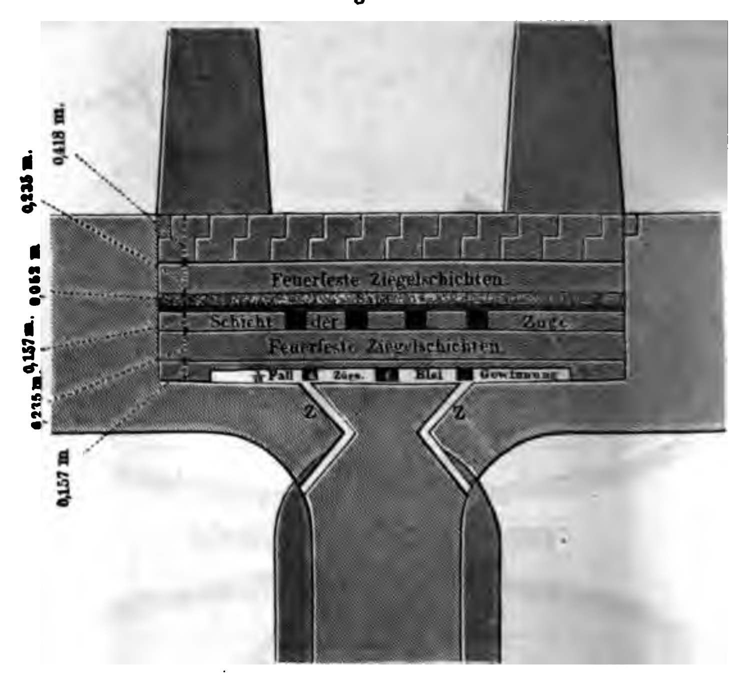
Bodenstein (Grundriss).

Die ganz schwarzen Canäle bilden ein zweites System, welches in irksamkeit tritt, wenn der Bodenstein zu stark zerstört ist und dadurch e Bleigewinnung gehemmt werden würde. Auch diese Canäle vereini-n sich zu einem kreisförmigen Canale, aus welchem das Blei durch Oeff-ngen *z* in die Hauptnische gelangt.

Die beiden Durchschnitte Fig. 377 und 378, ersterer nach *AB*, letzterer nach *cdefgh* der Fig. 376 verdeutlichen noch weiter das Niveauverhältniss der Canalsysteme.

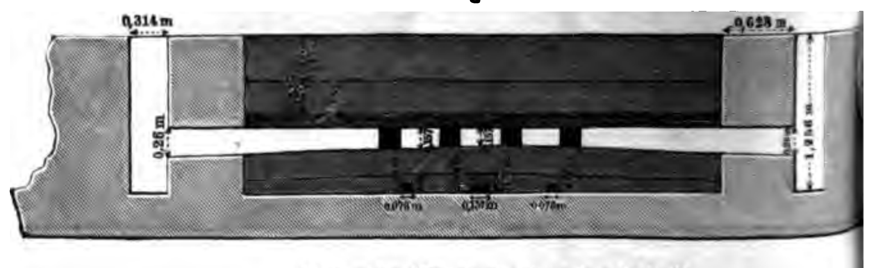
Die Zusammenfügung der einzelnen den Bodenstein bildenden Ziegeln ist endlich aus Fig. 379 in grossem Maassstabe zu ersehen.

Fig. 377.



Bodenstein (Durchschnitt nach *AB*).

Fig. 378.



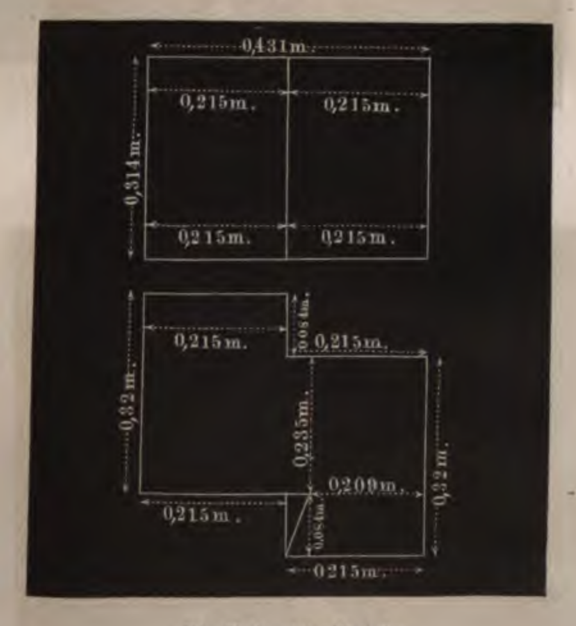
Bodenstein (Durchschnitt nach *cdefgh*).

Fig. 379.



Zusammenfügung der Bodenstein-Ziegeln.

Fig. 380 u. 381.



Die Bodenstein-Ziegeln.

In den folgenden Figuren sind nun unter Angabe der Maasse alle Bodenstein, das Gestell und den Kernschacht bildenden Ziegeln dar-ellt.

Fig. 380 und 381 (a. v. S.) sind die Bodensteinziegeln.

Fig. 382 (Abstich.) I, 1.

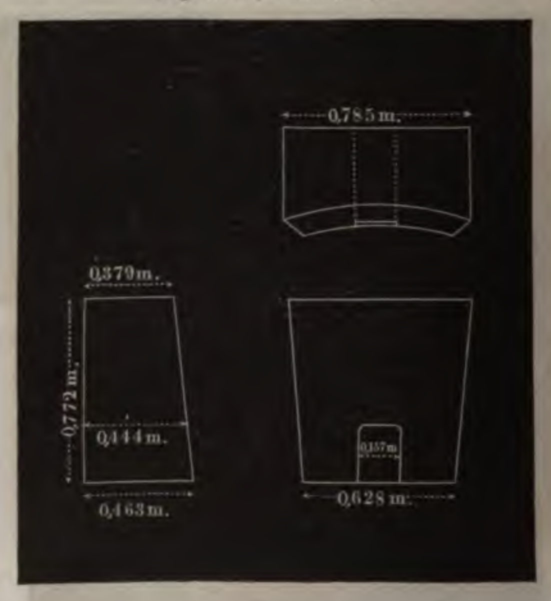
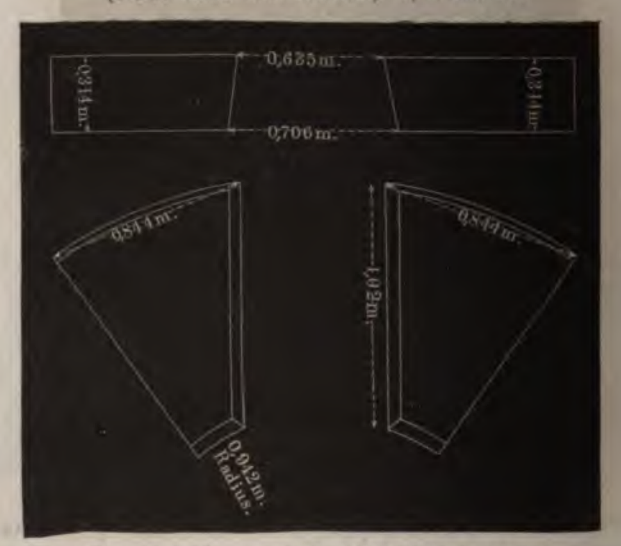


Fig. 383.
(Steine neben dem Abstich.) I, 2 und 18.



Radius an der untern Steinkante 0·9144 Meter

Figuren 382 bis 397 zeigen die Ziegeln der einzelnen Lagen
lles. Diese Lagen sind in Fig. 370 mit römischen Ziffern be-
und in den Figuren 398 bis 404 einzeln im Grundriss darge-
Die arabischen Ziffern der Ueberschriften von den Figuren 382

Fig. 384.

(Steine unter der Schlackenform.) I, 14 und 15.

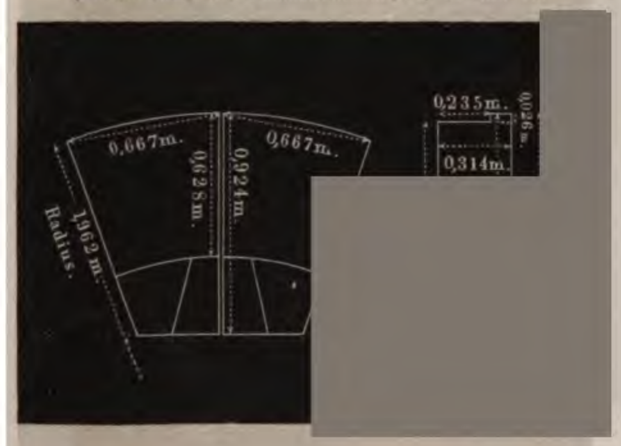


Fig. 385.

(Die übrigen 13 Steine). I, 3 bis 13, 16 und 17.

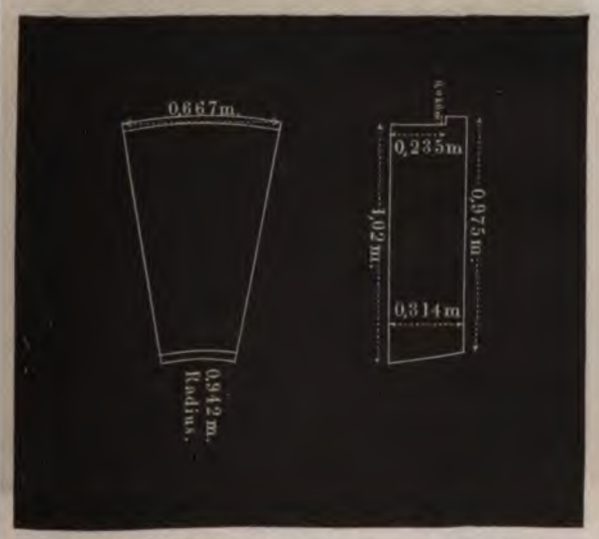


Fig. 382 bis 385. Ziegeln der Lage I. (Fig. 370.)

bis 397 beziehen sich auf die entsprechenden Bezeichnungen in den Figu 398 bis 404. Die Einschnitte (Fig. 387, 395, 396 und 397 in Lage V, VI und VII) dienen zur Wasserkühlung.

Fig. 386.

(Abstichseite, Nebenstein.) II, 1 und 16.

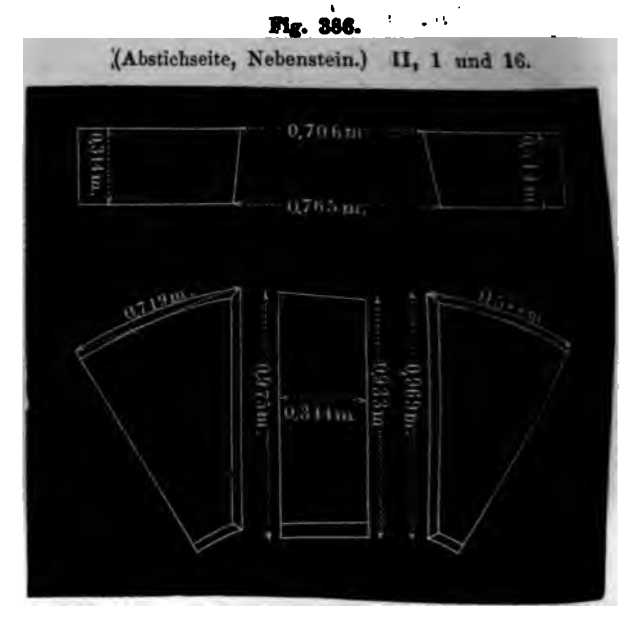
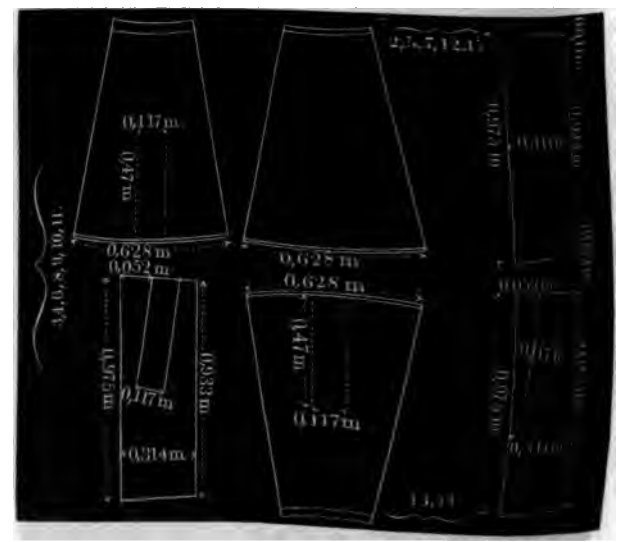


Fig. 387. II, 2 bis 15.



Radius an der unteren Steinkante = 0·9461 Meter.

Fig. 386 und 387. Ziegeln der Lage II (Fig. 370.)

Fig. 388. III, 5, 8, 11, 14, 17, 20 und 1,2.
(Der untere Stein III, 1 und 2 bedeckt in zwei Stücken den Abstich.

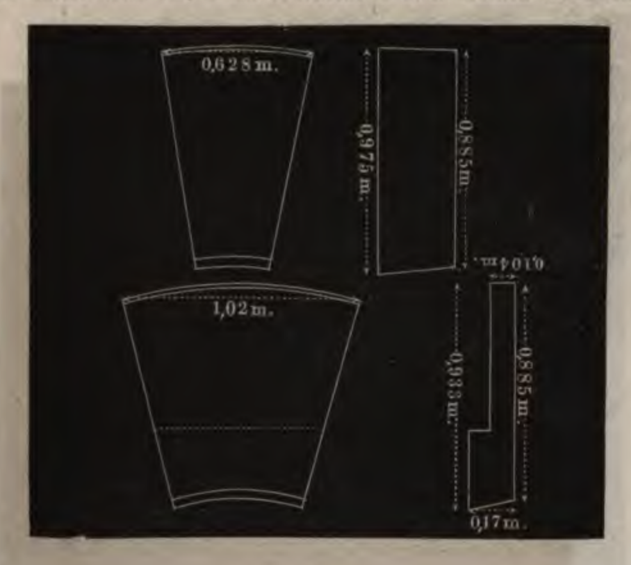


Fig. 389.
(Neben der Abstich-Deckplatte. Fig. 388. III, 3, 4, 21, 22)

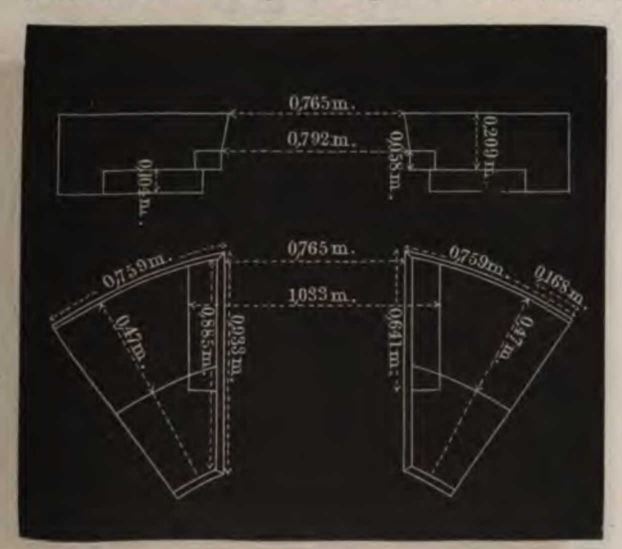


Fig. 388 und 389. Ziegeln der Lage III. (Fig. 370.)
Radius an der unteren Steinkante = 0·9795 Meter.

Fig. 390. III, 6—7, 9—10, 12—13, 15—16.

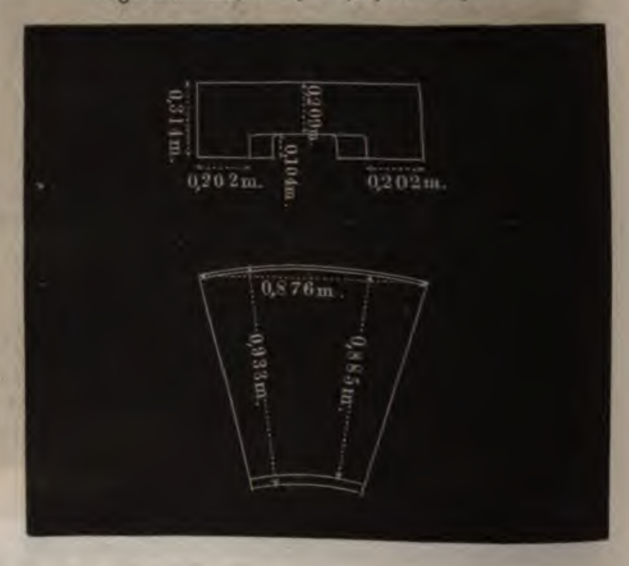


Fig. 391. III, 18 und 19.



Fig. 390 und 391. Ziegeln der Lage III. (Fig. 370.)
Radius an der unteren Steinkante = 0·9795 Meter.

Fig. 392. IV, 13—14 und 1—2 (ein Stück), 5—6, 7—8, 9—10.

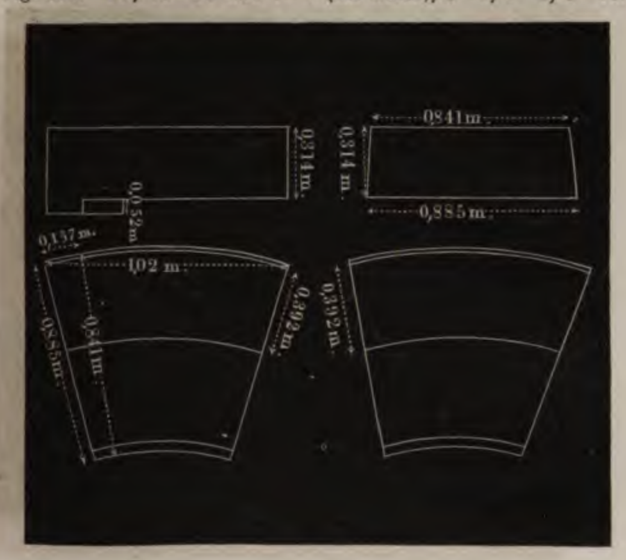


Fig. 393. IV, 11 bis 12.

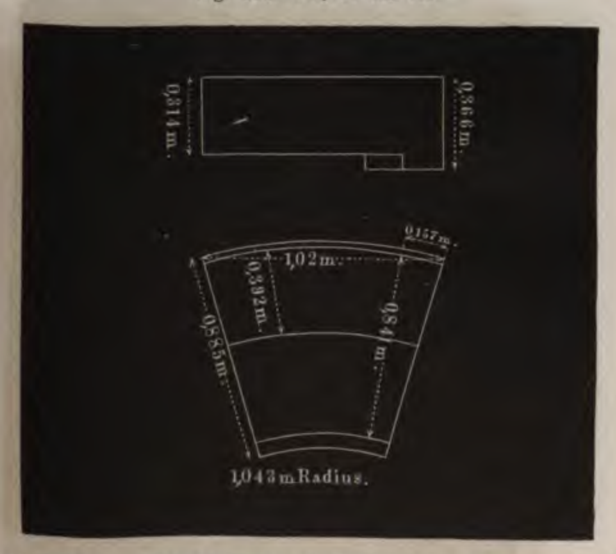


Fig. 392 und 393. Ziegeln der Formen-Lage IV. (Fig. 370.)
Radius an der unteren Steinkante 1·0128 Meter.

Fig. 394. V, 2—3, 5—6, 8—9, 11—12, 14—15, 22—23.

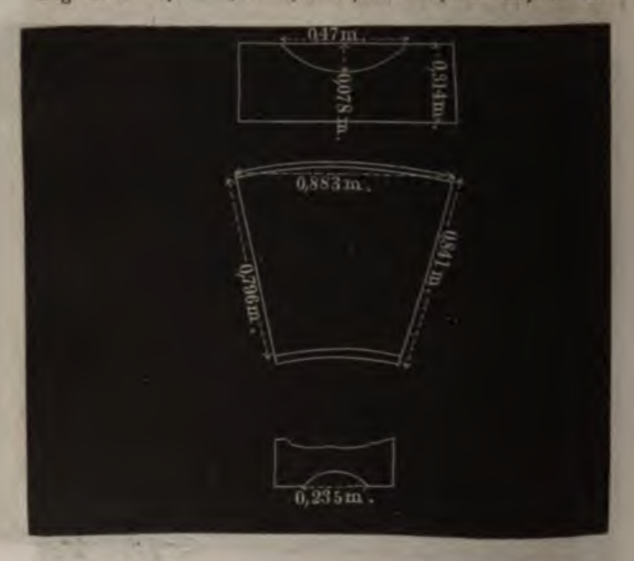


Fig. 395. V, 1, 4, 7, 10, 13, 16, 21 und 17, 18, 19 und 20.

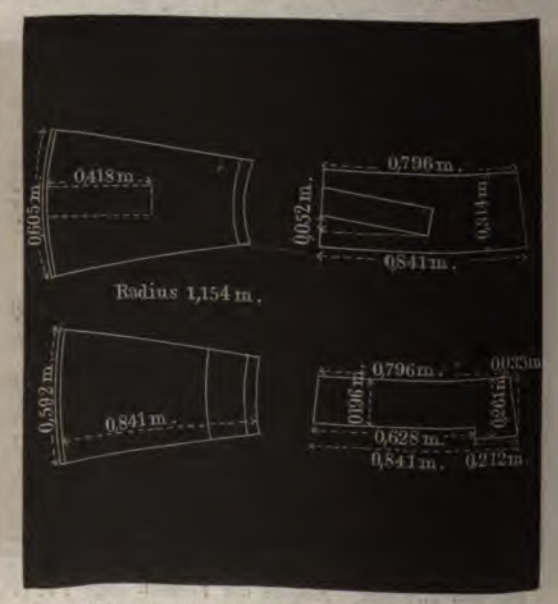


Fig. 394 und 395. Ziegeln der Lage V. (Fig. 370.)
Radius an der unteren Steinkante = 1·0446 Meter.

ig. 396. VI, 1, 3, 5, 7, 9, 11, 13, 15 und 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16

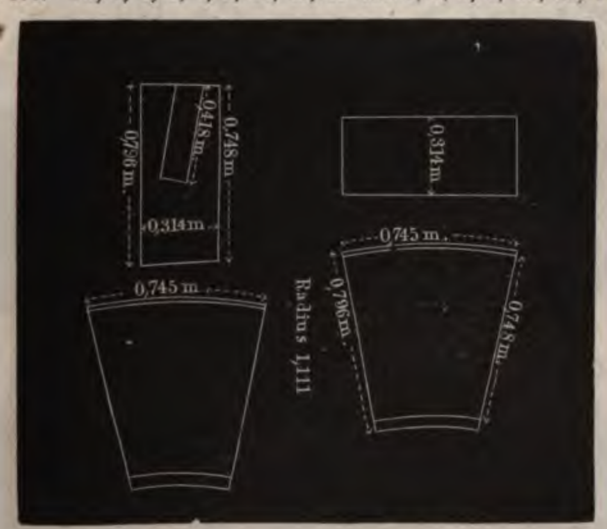


Fig. 396. Ziegeln der Lage VI.
Radius an der unteren Steinkante = 1·111 Meter.

g. 397. VII, 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16 und 1, 3, 5, 7, 9, 11, 13, 15.

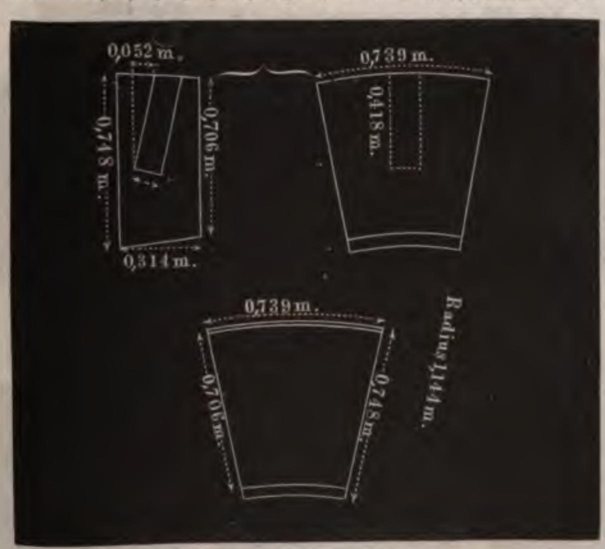
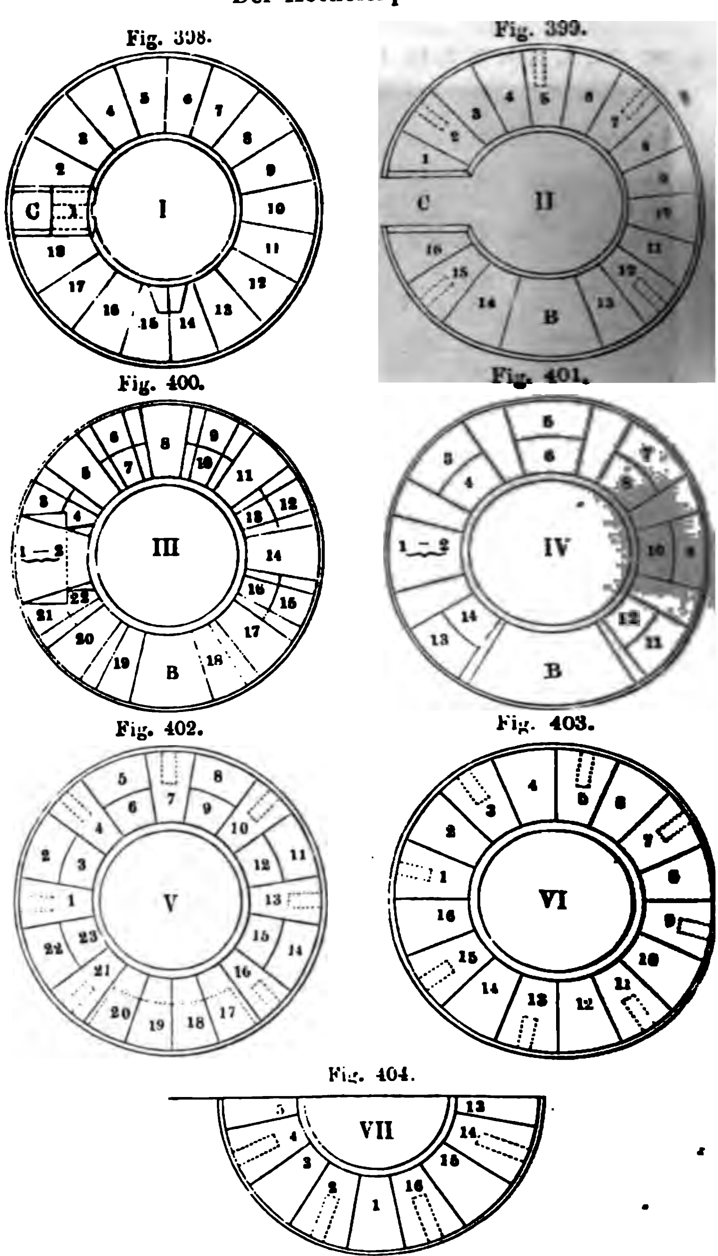
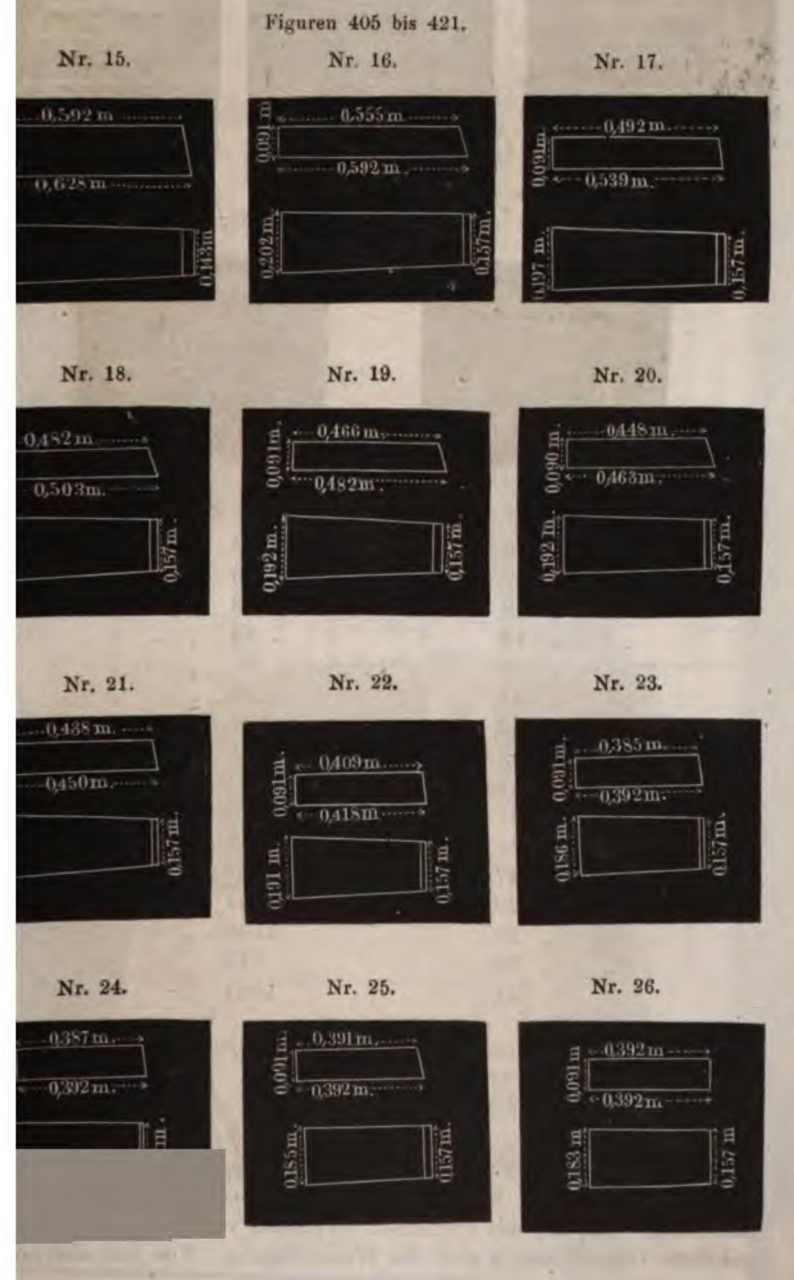


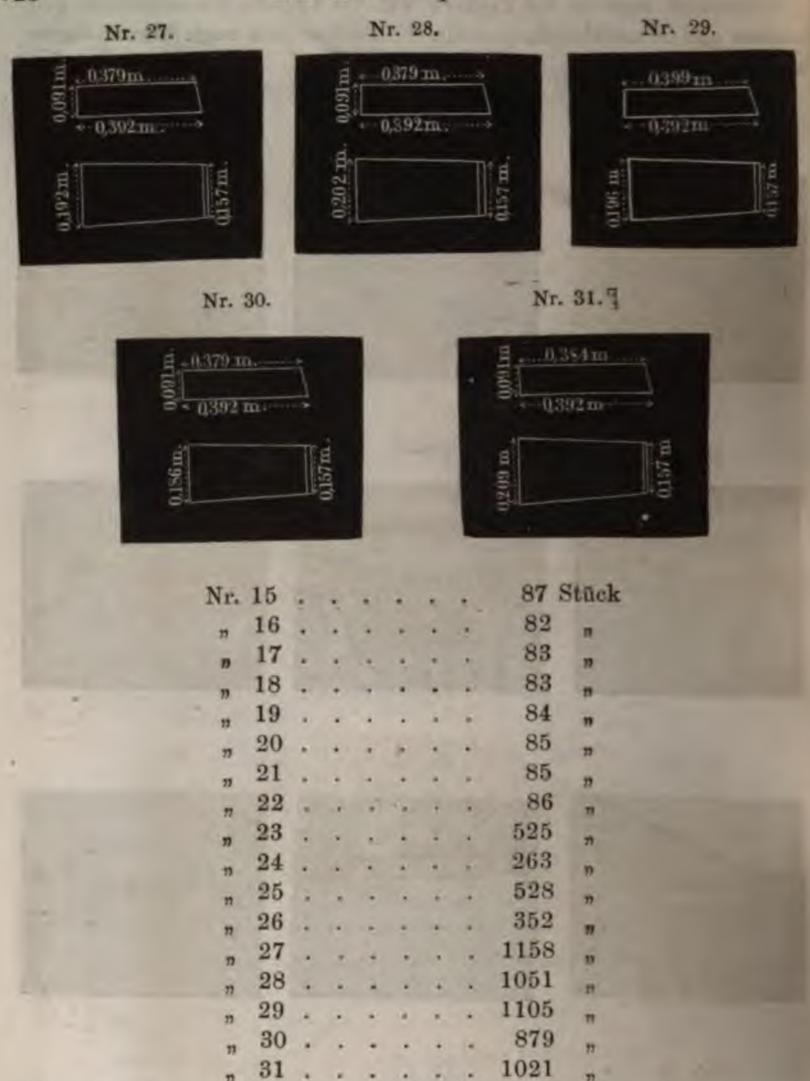
Fig. 397. Ziegeln der Lage VII.
Radius an der unteren Steinkante = 1·1122 Meter.



Die Figuren 398 bis 404 stellen den Grundriss der Ziegellag[illegible]
VII dar. Diese Lagen sind von unten gesehen gedacht, so dass [illegible]
[illegible] (C) nach links, die Seite der Schlackenform (B, Fi[illegible]
[illegible]u gezeichnet ist.

chliesslich sind in den Figuren 405 bis 421 die Kernschachtziegeln friss und Grundriss dargestellt. Es ist hier nur noch hinzuzufügen, on





Nr.	Stück
Nr. 15	87 Stück
„ 16	82 „
„ 17	83 „
„ 18	83 „
„ 19	84 „
„ 20	85 „
„ 21	85 „
„ 22	86 „
„ 23	525 „
„ 24	263 „
„ 25	528 „
„ 26	352 „
„ 27	1158 „
„ 28	1051 „
„ 29	1105 „
„ 30	879 „
„ 31	1021 „

erforderlich gewesen sind. Die betreffenden Nummern finden sich auf der linken Seite der Fig. 375 verzeichnet.

Während der in den Figuren 370 bis 421 abgebildete Ofen zu Gleiwitz als Blauofen zugestellt ist, zeigt Fig. 422 einen als Sumpfofen zugestellten Hochofen von Neustadt am Rübenberge.

Hier sind *A* die Kreuzcanäle (das Andreaskreuz) mit den Nebencanälen *p*. *t* ist der mit gekühlten Vorplatten versehene Wallstein, *h* das gekühlte Tümpeleisen, *v* sind die Wasserformen. Von den eisernen Säu-

Hochofen zu Neustadt am Rübenberge.

len *s* wird gleichzeitig Kern- und Füllschacht getragen. Das Trageisen *k* ruht aber auch auf dem Rauhgemäuer *A'* auf. Diese Anordnung ist bei Weitem nicht so empfehlenswerth, als eine solche, bei welcher Kernschacht und Rauhschacht gänzlich von einander unabhängig sind. Im oberen Theile der Zeichnung sieht man die Anordnung des Rauhgemäuers und der Füllschächte, eine Construction, die der gerade Gegensatz der durch Fig. 368 dargestellten, beim Hochofen zu Neuss angewendeten ist und die Anlage vertheuert, ohne einen entsprechenden Nutzen zu gewähren.

Die folgenden Figuren zeigen die Anordnung der Gestellsteine im Einzelnen:

Fig. 423 ist der Bodenstein, Fig. 424 die I., Fig. 425 die II., Fig. 426 die III., Fig. 427 die IV. Lage, welche die Formen einschliesst, und Fig. 428 die V. Lage, welche die Formenöffnungen nach oben fortsetzt für den Fall, dass ein Höherlegen der Formen erforderlich wird.

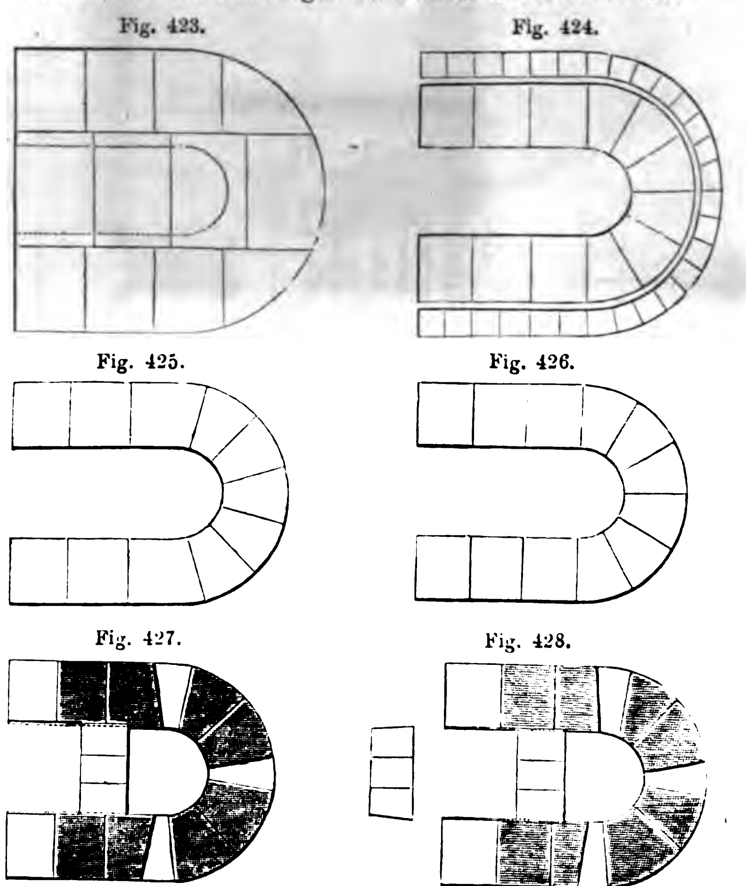


Fig. 423. Fig. 424. Fig. 425. Fig. 426. Fig. 427. Fig. 428.

Gestell des Hochofens zu Neustadt.

ie Lage VI, Fig. 429, umgiebt den Ofenraum ohne Durchbrechung
g. 430, einen Theil der Lage XIII darstellend, giebt schliesslich
d von der Zusammenfügung der doppelten Reihe Rastziegeln und
geln des Füllschachtes.

Fig. 429.



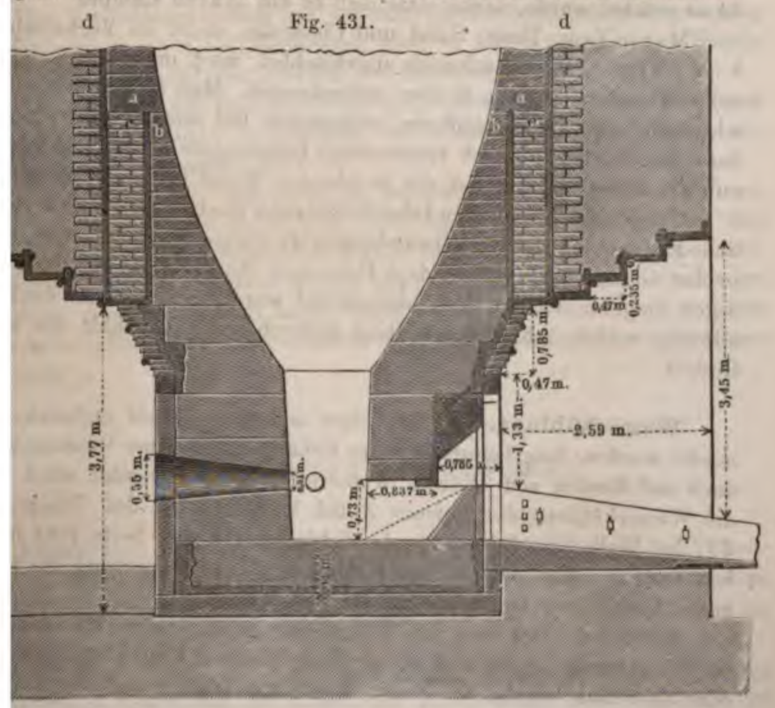
VI. Gestellsteinlage.

Fig. 430.

Rastziegeln, Lage XIII.

ls ein Beispiel eines Hochofens mit **eingebautem** Gestell diene
Fig. 431, der verticale Durchschnitt des unteren Theils eines
ens zu **Seraing**. Auch hier wird der Raststein *a* von dem Fusse
gen, während das Gestell sich mit der Steinreihe *b* frei anschliesst.

Fig. 431.



Hochofen zu Seraing.

Im Uebrigen ist der Hochofen ohne Füllschacht construirt, dagegen mit falschem Hemde (*d*, Fig. 431), d. h. einem Ringe feuerfester Steine, auf der inneren Seite des Rauhgemäuers ausgekleidet.

Während bei den vorher beschriebenen Oefen das ganze Gestell aus feuerfesten Ziegeln besteht, ist es bei dem letzten Hochofen aus natürlichen feuerfesten Steinen (Puddingsteinen) zusammengesetzt.

Für die Aufführung aus feuerfesten Ziegeln gilt vor Allem die Regel, dass man die Steine genau in den vorgeschriebenen Maassen brennen lässt, damit sie beim Bau, wenigstens auf der feuerberührten Seite, nicht behauen zu werden brauchen und auch nur möglichst dünner Schichten von Mörtel, der ebenfalls aus gebranntem und wenig frischem feuerfesten Thone hergestellt wird, bedürfen. Man führt die Mauerung nach Schablonen aus, welche um die Axe des Hochofens drehbar aufgestellt werden.

Natürliche feuerfeste Steine, zu denen der Regel nach die Puddingsteine oder Conglomerate der flötzleeren Steinkohlenformation, oder Sandsteine der Uebergangsformation zu benutzen sind, werden sorgsam behauen, müssen aber stets so gelegt werden, dass ihre natürlichen Schichtungsebenen senkrecht auf der feuerberührten Fläche stehen.

Eine dritte Art, das Gestell herzustellen, besteht, wie bereits Seite 34 angeführt wurde, darin, dass man es aus Masse stampft.

Masse (aus Thon, Sand und Chamotte, meist im Verhältniss von 3 : 6 : 1) mit Wasser schwach angefeuchtet, wird um hölzerne Modelle mit erwärmten eisernen Keulen aufgestampft. Man bringt jedesmal eine schwache Lage auf, stampft sie vollkommen fest und trocken ein, reisst dann die Oberfläche durch rechenartige Instrumente wieder auf und trägt nun die folgende Lage auf, die in gleicher Weise behandelt wird.

Um bei einer schnellen Inbetriebsetzung des Hochofens eine zu plötzliche Erwärmung der Gestellwandungen zu vermeiden, setzt man zuweilen in das Gestell nach vollendetem Bau einen Ring von wenig feuerbeständigen Ziegeln. Ist der Ofen hinreichend warm, so zieht man die Formen allmälig zurück, schmilzt den Ring dadurch aus und erhält ein weiteres Gestell.

Wasserkühlung. Es ist schon mehrfach darauf aufmerksam gemacht worden, dass behufs besserer Erhaltung einzelner Ofentheile, wenn auch auf Kosten von Wärme Wasserkühlung angewendet wird. So ist die Wasserkühlung der Formen Abthl. II, Seite 178, des Tümpels Seite 23, des Wallsteins Seite 729, des Schlackenabflusses Seite 700 beschrieben worden. Man hat aber auch das eigentliche Mauerwerk zu schützen gesucht und zwar in zwei verschiedenen Weisen.

Entweder leitet man das Kühlwasser durch eiserne Gefässe, welche im Mauerwerke liegen und nennt diese Methode Circulationssystem, oder aber man benetzt die Steine direct mit Wasser und nennt dann die Methode Berieselungssystem.

Die eisernen Gefässe des Circulationssystems macht man aus Gusseisen oder Blech, legt sie etagenweis übereinander an und lässt zwischen ihnen je circa 20 Centimeter Mauerwerk stehen, während man ihnen vom Ofeninnern einen Abstand von circa 10 Centimeter giebt[1]). Man darf diese Kästen niemals dampfdicht abschliessen, um im Falle einer zeitweise aufhörenden Circulation und dann eintretenden starken Erhitzung beim Wiedereintritt des Wassers eine Explosion zu verhüten. Man lässt das Wasser nicht um den ganzen Ofen fliessen, sondern theilt jeden Kühlring in mehrere Segmente, deren jedes einen Zufluss von frischem Wasser und einen Abfluss für das erwärmte Wasser erhält.

Soll der Ofen durch Berieselung gekühlt werden, so versieht man das Mauerwerk mit Einschnitten und lässt das Wasser in diese einfliessen[2]). Kühlt man beständig, so sind die Kühlräume nach aussen durch etagenförmig angeordnete Eisenringe begrenzt, von denen der eine das abfliessende Wasser stets dem tieferliegenden zuführt. Beim Herabtröpfeln kühlt das Wasser wieder hinreichend ab. Meist kühlt man indessen nur zeitweise und an den Orten, wo sich dem Mauerwerke eine zu hohe Temperatur mittheilt. Auf einzelnen Hütten findet man die unvollkommene Einrichtung, dass das Wasser in feinen Strahlen gegen die Aussenfläche des Mauerwerks gespritzt wird.

Das Berieselungssystem hat vor dem Circulationssystem den Vorzug der Einfachheit, aber das Mauerwerk wird in Folge der directen Berührung des Wassers mit den Steinen viel schneller zerstört.

Zur Kühlung des Bodensteins umgiebt man den letzteren der Regel nach mit einem Canale, in welchem das Wasser nur in Berührung mit der Aussenkante desselben tritt.

Der Kühlung wird fast stets nur das Gestell, höchst selten auch noch die Rast ausgesetzt. Braucht man auch die Kühlung nicht immer und überall, so sollte doch jeder Ofen darauf eingerichtet sein, sie an einzelnen Theilen oder am ganzen Gestell anwenden zu können, wenn es erforderlich erscheint. Man kann durch rechtzeitige Kühlung oft einen schon sehr schadhaften Ofen erhalten und den Nachtheil des Ausblasens umgehen.

IV. Arbeiten am Hochofen.

Abwärmen und Anblasen. Der Hochofen wird nach der Vollendung des Einbaues von Kernschacht, Gestell und Rast, aber vor dem Schlusse der Brust zuvörderst durch Erwärmung getrocknet. Es wird zu

---

[1]) Kerpely, Fortschritte 1868, S. 106, und Zeitschr. d. Vereins deutscher Ingenieure. — [2]) Wie dies die Abbildungen des Gleiwitzer Hochofens Seite 720 u. folgd. zeigen.

gichten bis zu $^2/_3$ der Ofenhöhe fortgefahren. Das Verhältniss zwischen Erz und Koks ist dann in der Weise erreicht, dass es für die Erzeugung eines guten grauen Roheisens genügt. Ist das Feuer abermals bis zur Oberfläche durchgeschlagen, so wird der Ofen ganz mit normalen Gichten gefüllt. Diese Operation ist etwa dann gerade vollendet, wenn die unterste Erzgicht vor den Formen anlangt. Man beginnt nun mit dem Anblasen, allerdings zuvörderst nur mit $^2/_3$ des später nothwendigen Volumens.

Obwohl es nicht zu verkennen ist, dass in einem gut ausgetrockneten Ofen ein schnelles Anblasen keine Gefahr hat und man dadurch wesentlich an Kosten spart, so geht man in Deutschland doch im Allgemeinen meist noch nicht so schnell mit der Beschickung vor, sondern schlägt einen Mittelweg ein.

Während bei einem grossen Ofen die erste Methode oft Wochen in Anspruch nimmt und Monate vergehen, ehe der Betrieb ein geregelter wird, genügen hierfür bei der letzten Methode oft wenige Tage. Es ist daher ein unverkennbares Verdienst Lürmann's zu Georgs-Marienhütte, dem abgekürzten Verfahren in Deutschland Eingang verschafft zu haben [1]).

Zum Schutze des Gestells pflegt man bei schnellem Ingangsetzen eines Ofens mit Erfolg innerhalb des eigentlichen feuerfesten Mauerwerks den bereits erwähnten Ring von gewöhnlichen Ziegeln aufzumauern und die Formen mit der Innenfläche desselben abschneiden zu lassen. Ist der Ofen in gutem Gange, so zieht man die Formen zurück und schmilzt den inneren Ring nach und nach aus.

Regelmässiger Gang. Im Anfange des Hochofenbetriebes bläst man meist auf graues Roheisen, ist der Ofen aber in guten Gang gekommen, so kann man ohne Schwierigkeit, unter Veränderung der Beschickung auf eine leichtflüssige Schlacke und Abbruch an Brennmaterial, den Betrieb auf weisses Roheisen übergehen lassen. Die anfänglich absichtlich gering gehaltene Production erhöht man durch Vergrösserung des Düsenquerschnitts (wobei die Formeneinsätze [2]) vorzügliche Dienste leisten), beziehungsweise gleichzeitige Erhöhung der Windpressung.

Ein regelmässiger Hochofenbetrieb erfordert für jede Arbeitsschicht (der Regel nach 12 Stunden) 3 Arbeiter, einen Vormann, der den Abstich besorgt und den praktischen Betrieb überwacht, einen Gehülfen, der besonders auf die Winderhitzungsapparate zu achten und deren Hülfsfeuerungen zu besorgen hat, und einen Füller an der Gicht. Erzanfahrer,

---

[1]) 1867 wurde ein durch einen Flammofen in 9 Tagen getrockneter Hochofen zu Georgs-Marienhütte am 26. September mit Koks gefüllt, die durch ein Holzfeuer entzündet waren. Dem Koks wurde Kalkstein zur Verschlackung der Asche beigemengt. Nach zwei Tagen wurde der Ofen mit Koks und Möllerung gefüllt und am 1. October erfolgte das Anblasen (Berggeist 1869, Nr. 103. — [2]) Siehe Seite 180.

Maschinenwärter, Schlackenläufer u. s. w. werden je nach den Verhältnissen an Zahl sehr wechseln.

Sie alle müssen helfen, wenn in Folge von Unregelmässigkeiten, Versetzungen im Ofen beseitigt, Reparaturen ausgeführt und andere ausnahmsweise Arbeiten besorgt werden müssen. So lange der Ofen gut geht — was bei einem ordentlich gebauten und mit den nöthigen Apparaten versehenen Hochofen wesentlich von den Kenntnissen des Betriebsbeamten bezüglich der Wahl einer richtigen Beschickung abhängt — beschränkt sich die Arbeit auf das Aufgeben in regelmässigen Zeiten, auf die Inordnunghaltung der Apparate, namentlich die Reinhaltung der Formen und den Abstich mit den dazugehörigen Manipulationen.

Nur da, wo die Schlacke nicht in Wagen läuft, muss noch ein regelmässiges Abheben oder Ab [illegible] aus dem Vorheerde vermittelst eiserner Kratzen stattfinden.

Der Abstich. Der Abstich erfolgt in etwas abweichender Weise, je nachdem man es mit einem Sumpfofen oder einem Blauofen zu thun hat.

Beim Sumpfofen wird zuvörderst das Gebläse eingestellt und gleichzeitig werden, wo nicht selbstthätige Vorrichtungen dazu vorhanden sind, die Ventile in den Düsen geschlossen. Darauf wird der Vorheerd von den darauf liegenden Schlackenkrusten befreit. Das Stichloch wird sodann mit einer spitzen Brechstange, welche durch einen Schlägel eingetrieben wird, geöffnet, und sobald das Metall zu fliessen beginnt, durch Drehung der Stange erweitert. Das Eisen fliesst zuerst in einen aus sehr trockenem Sande gebildeten Sumpf und aus diesem unter einer als Schütze gebrauchten mit Thon bekleideten eisernen Schaufel fort in den zu den Formen (Ganzformen) führenden Canal. Die Schütze hält die auf der Oberfläche schwimmende Schlacke zurück. Ist das Eisen heraus, so folgt die Schlacke, welche sich im Ofen befand, nach, und wird in einen besonderen Sumpf (*Roughing hole*) geleitet, wo sie um einen eingehängten eisernen Haken erstarrt. Ist alle flüssige Masse aus dem Ofen geflossen, so reinigt man denselben zuvörderst durch Anlassen des Windes, welcher eine lange Flamme aus Stichloch und Vorheerd hinausbläst. Dieselbe ist von gelblich weisser Farbe, von zahlreichen Eisen- und Schlackenfunken und meist von weissem Rauche begleitet. Der Wind wird hiernach nochmals abgestellt und der Stich geschlossen. Jetzt beginnt eine lästige und zeitraubende Arbeit, das Ausarbeiten (Rempeln, Regeln). Mit Brechstange und Schaufel werden Vorheerd und Gestell so viel wie möglich von Ansätzen befreit.

In England wird namentlich bei solchen Hochöfen, bei denen man beständig aus dem Vorheerd eine Flamme (die Tümpelflamme) blasen lässt, derselbe nun mit Thon gefüllt und mit eisernen Platten bedeckt, worauf das Gebläse wieder angelassen und der regelrechte Betrieb fortgesetzt wird. In anderen Fällen wird durch einen Thonansatz der Tüm-

künstlich nach unten verlängert (falscher Tümpel) und der Vorerd nur mit Kohlenlösche gefüllt.

Bei Blauöfen ist die ganze Arbeit viel einfacher. Man stellt den ind ein, sticht ab, bläst das Stichloch kurze Zeit klar, verschliesst es ıd geht sofort mit dem Betriebe wieder weiter. Die Gründe für die öglichkeit dieses abgekürzten und dem Betrieb wesentlich zu Gute mmenden Verfahrens sind Seite 702 u. folgd. bereits ausführlich erört worden.

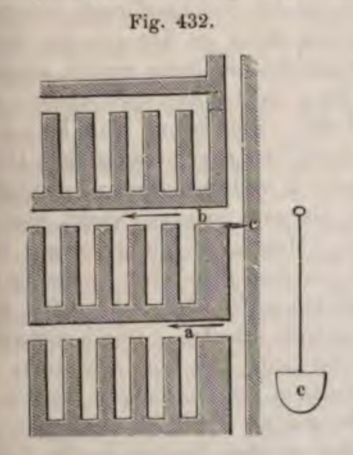
Die äusseren Erscheinungen beim Ausfluss des Eisens aus dem en geben meist schon sehr gute Anhaltspunkte zu einem Urtheile über Beschaffenheit des Productes. Funkensprühen zeigt weisses, eine russe über der Oberfläche spielende Flamme Spiegeleisen an. Je reicher Kohlenstoff das Eisen ist, um so länger und um so feiner ist das Spiel.

Die Oberfläche des Eisens nämlich beginnt in Berührung mit der ıft zu erstarren und das Bestreben des flüssigen Eisens zu krystallien, zerreisst die gebildete Decke stets von Neuem, so dass das flüssige sen hindurchblickt. Diesen Vorgang nennt man Spiel. Die Linien des iels bei Holzkohlenroheisen kreuzen sich unter stumpferen Winkeln, als e des Koksroheisens [1]).

Nicht selten kommt es vor, dass zwischen zwei Abstichen verschiene Eisenarten erfolgen. Diese trennen sich im Heerde des Ofens nach m specifischen Gewichte, und so kann ein und derselbe Abstich sehr n einander abweichende Producte liefern.

Gussbett. Das flüssige Eisen gelangt, wie erwähnt, zuerst aus m Sammelbassin in einen aus Sand gebildeten Canal. Derselbe hat nen geringen Fall vom Ofen aus und verzweigt sich in Seitencanäle, welche in die einzelnen Gussformen, die Ganzformen, münden. Diese Formen sind, wenn graues Giessereiroheisen erzeugt werden soll, aus Sand, wenn weisses Roheisen dargestellt wird, aus Gusseisen hergestellt. Die letzte oder unterste Reihe von Gänzen (*a*, Fig. 432) wird zuerst gefüllt, dann wird durch eine mit Thon bekleidete Eisenschaufel (*c*, Fig. 432) der Zutritt abgeschnitten und das Eisen fliesst in die nächste Reihe (*b*) u. s. f.

Fig. 432.



In England nennt man die Nebencanäle *Sow*, die Ganzformen *Pig*, weil man die Anordnung mit einer ihre Jungen säugenden Sau

1) Vergl. Ledebur, das Roheisen. Leipzig 1872. Seite 29.

vergleicht, während in Deutschland der Name Ganz (nicht Gans) ein volles Eisenstück im Gegensatz zu der mehr verzweigten Gusswaare bedeutet.

Der Abstich erfolgt je nach der Production und der Grösse des Untergestells alle 4, 6, 8 oder 12 Stunden. Grosse Gussstücke sticht man direct aus dem Hochofen ab. Für die Herstellung kleiner Gussstücke lässt man das Eisen in Pfannen laufen, vermittelst deren es zu den Formen geschafft wird. Zuweilen ist mit dem Hochofen ein Schöpfheerd verbunden [1]). Derselbe besteht aus einer nach oben erweiterten Thonkapsel, deren tiefster Theil durch einen Canal mit dem tiefsten Theile des Hochofens in Verbindung steht. Man erreicht dadurch, dass das Eisen frei von Schlacke ist und daher reiner in die Formen gelangt, aber andererseits ist auch die Abkühlung bedeutender und das Roheisen nicht so hitzig.

Das Gussbett liegt entweder ganz im Freien oder ist bedacht. Letzteres ist erforderlich, wenn man graues Giessereieisen herstellen will. Ersteres, in England vielfach gebräuchlich, ist bei weissem Eisen ohne Nachtheil, selbst in Gegenden, in denen im Winter starker Schneefall herrscht [2]). Wo man hölzerne Dachconstruction anwendet, muss das flüssige Eisen alsbald mit Sand überstreut werden, damit die strahlende Wärme nicht das Holz verkohlt oder entzündet.

Das Gussbett wird vortheilhafter Weise in einer Höhe von 1·5 bis 2 Meter über der Hüttensohle angebracht, um die Verladung des erstarrten Roheisens zu erleichtern.

Dämmen oder Dämpfen. Kommen während des regelmässigen Ganges eines Hochofens Störungen vor, welche einen vorübergehenden Stillstand bedingen, z. B. Mangel an Erz oder Brennmaterial, Reparaturen am Gebläse, an den Dampfkesseln, an den Gichtgasfängen, so sucht man unter Abschluss des Luftzutritts die Hitze im Inneren des Hochofens möglichst zusammenzuhalten. Man zieht die Düsen zurück, schliesst die Formenaugen mit feuerfestem Thon oder Chamotte, ebenso den Schlackenabfluss und bedeckt die Gicht. Dies nennt man Dämmen oder Dämpfen des Ofens. In Yorkshire lässt man bei einzelnen Hochöfen, um den Arbeitern die Sonntagsruhe in vollem Maasse zu gewähren, regelmässig ein von Sonnabend Nacht bis zum Sonntag Nacht, also 24 Stunden dauerndes Dämmen eintreten. Man kann mit gehöriger Vorsicht und namentlich wenn es gelingt, vor dem gänzlichen Einstellen des Gebläses einige leichte oder leere Gichten aufzugeben, den Ofen viele Wochen lang in betriebsmässigem Zustande erhalten. Durch zeitweises Rostschlagen in ähnlicher Weise, wie das Seite 735 beim Abwärmen des Hochofens beschrieben ist, kann der Zustand noch verlängert werden.

Auch bei Reparaturen im Gestelle und an der Rast muss man das Gebläse abstellen und die Luft möglichst vor dem Eintritt in das Innere

---

[1]) Wachler, Eisenerzeugung Schlesiens. — [2]) Z. B. in Königshütte in Oberschlesien.

)fens abschneiden. Geschieht das Letztere nicht, so zieht sich die
rennung immer höher hinauf und man erhält Oberfeuer.

Ausblasen. Ist der Ofen zu stark beschädigt, um fortbetrieben
en zu können, oder sind die Reparaturen am Gebläse etc. zu lang-
ig, um ein blosses Dämmen zuzulassen, so erfolgt der Schluss der
tenreise (Ofencampagne) durch Ausblasen. Es giebt für das Aus-
n verschiedene Methoden. In älterer Zeit setzte man auf die letzte
icht einige leere Gichten und blies nun so lange, zum Theil bei ver-
ter Windpressung, bis alles Erz vor die Formen gelangt war, worauf
Kohlenrest ausgezogen wurde. Da indessen hierdurch die Tempera-
1 den oberen Ofentheilen weit höher steigt, als beim gewöhnlichen
ebe, so leidet der Kernschacht derart, dass er meist erneuert werden
, ohne dass dies bei einer regelmässigen Fortführung des Betriebes
g gewesen wäre. Man thut daher besser, die zuerst von Tunner[1])
gebene Methode zu befolgen, wonach der Ofen bis zum Herabgehen
etzten Gicht voll Brennmaterial gehalten und das letztere nach hin-
ender Abkühlung herausgezogen wird.
Um indessen die hierbei erzeugte Wärme nicht ungenutzt zu lassen,
ne dritte Methode zum Theil mit gutem Erfolge eingeführt worden,
ch man nach der letzten Erzgicht nur Kalksteingichten setzt. Der
stein wird hierbei gebrannt und kann mit den Kohlen nach hinrei-
ler Abkühlung ausgezogen und zur Mörtelbereitung oder als Dünge-
l verwendet werden[2]).
Unter allen Umständen ist das Ausblasen eines Hochofens nachthei-
für die noch erhaltenen inneren Theile, als der regelmässige Fort-
eb; deshalb sind auch Verhältnisse, wie sie in Schweden stattfinden,
er Hochofen in der Winterzeit nur mit so viel Material versorgt zu
en pflegt, dass er 5 bis 6 Monate arbeiten kann und dann ausge-
n werden muss, durchaus unrationell und unökonomisch.

Auskratzen. Gelingt es nicht, den Hochofenbetrieb vermittelst
Gebläses zu beendigen, was z. B. bei einer Zerstörung der Maschine
h Kesselexplosion, in Folge von Hochwasser und Eisgang, bei Ver-
ngen im Gestell, welche ein Eindringen des Windes unmöglich
en u. dergl. m., eintritt, so muss man zu der mühevollen und an-
genden Arbeit des Auskratzens greifen. Es wird die Brust des
ofens geöffnet und nun, nachdem der flüssige Inhalt herausgeflossen,
übrige Bestand an mehr oder minder veränderten festen Materialien
1 eiserne Kratzen herausgezogen. So kostspielig und belästigend
solche Arbeit ist, so lehrreich ist sie für den Metallurgen, welcher
rch tiefere Einblicke in die stufenweisen Veränderungen der Mate-
n im Innern des Ofens bekommt, als sie selbst die Untersuchung

[1]) Bergwerksfreund, Bd. VIII. S. 14. — [2]) Vergl. Berggeist. 1869. Nr. 103.

einzelner aus dem Ofen entnommener Stücke gewähren kann. Es ist indessen bei der Beurtheilung Vorsicht nöthig, da gerade wie beim Ausblasen eines nicht nachgefüllten Hochofens, während des Auskratzens oft die Temperatur steigt und Veränderungen der Erze, Zuschläge und Brennmaterialien hervorruft, welche nicht dem normalen Zustande entsprechen. Man sucht beim Auskratzen den Ansatz von Eisen im Schachte dadurch zu vermeiden, dass man noch einige bloss aus leichtflüssiger Schlacke bestehende Gichten nachsetzt.

Ausmeisselung. Während es bei kleineren Holzkohlenhochöfen wohl öfter vorkommt, dass das Gestell in Folge falscher Behandlung gänzlich einfriert und dass dann nach Wegbruch des Vorheerdes die festen Massen ausgemeisselt werden müssen[1]), tritt ein solcher Fall bei Kokshochöfen nur in Folge ganz schlechter Betriebsleitung ein und ist daher eine seltene Erscheinung. Einzelne Formen frieren allerdings wohl zuweilen zu; aber wenn dem Uebelstande rechtzeitig, sei es durch Ausarbeiten, sei es durch Einblasen (Füttern) von Flussspath, Kochsalz und anderen, leicht schmelzbare Schlacken hervorrufenden Mitteln begegnet wird, und die Beschickung nicht überhaupt falsch gewählt ist, erfordert derselbe zwar einige Zeit und Mühe zu seiner Beseitigung, wird aber nie den ganzen Hochofenbetrieb in Frage stellen oder gänzlich zum Erliegen bringen.

V. Die Producte des Hochofens.

Die Producte des Hochofens sind in den vorhergehenden Abschnitten zum Theil schon ausführlich behandelt, zum Theil nur in Bezug auf einzelne Eigenschaften und Einflüsse näher betrachtet worden. Das Folgende dient zur Ergänzung dieser Betrachtungen.

Die wesentlichen Producte des Hochofens sind das Roheisen, dessen Arten in Bezug auf chemische Constitution bereits der erste Abschnitt der Eisenhüttenkunde, namentlich das Capitel „Eisen und Kohlenstoff" I, S. 430 u. f. kennen gelehrt hat, ferner die Schlacke, welche in Bezug auf ihre allgemeinen Eigenschaften als Silicate in dem ersten Bande der Metallurgie Seite 22 u. f., und in Bezug auf die ihr für den Hochofen zu gebende Zusammensetzung in dem vorausgehenden Capitel über „Die Zuschläge" II, S. 535 behandelt wurde, endlich das Gichtgas, dessen Beschaffenheit, Zusammensetzung und Anwendung in dem Capitel: „Die Gase des Hochofens" II, S. 215 u. f., erschöpfend dargestellt sein dürften. Auch einige Nebenproducte des Hochofens, wie die alkalischen Salze, welche aus der Brust und der Gicht entweichen[2]), u. s. w. haben bereits Erwähnung gefunden.

[1]) Vergl. Weniger, der praktische Schmelzmeister, 1851. S. 117. — [2]) Vergl. Abthl. II, S. 357 und 260.

Die Hochofenschlacke.

ie Beschaffenheit der Hochofenschlacke ist für das geübte Auge
chnikers ein nicht zu unterschätzendes Merkmal für den Gang des
. Sie soll von richtiger Consistenz sein und in einem ununter-
ıen Strom fliessen, zähe Beschaffenheit haben, beim Erstarren eine
arbe zeigen und nach dem Erstarren glasig oder steinig sein.
ıf ihre chemische Zusammensetzung hat zwar in erster Linie die
fenheit der Gangarten des Erzes und der Zuschläge Einfluss[2],
ıch die Art des Brennmaterials, in sofern dessen Aschenbestand-
nit in dieselbe übergeführt werden.
e Asche der Steinkohle und der daraus erzeugten Koks besteht,
ıen von dem Eisengehalte, welcher reducirt wird, im Wesentlichen
eselsäure und Thonerde. Es bedarf daher dieser Aschengehalt
uschlages an Kalkerde zur Verschlackung[3]).
e Asche des Holzes und der Holzkohle dagegen, welche im Wesent-
aus Kalkerde und Kali besteht, bedarf der Kieselsäure zur Ver-
ung. Während daher in dem am häufigsten vorkommenden Falle
rschmelzung von Erzen, welche einen Ueberschuss an Kieselsäure
en, bei Anwendung fossiler Brennstoffe der Kalksteinzuschlag ver-
werden muss, kann er bei Benutzung von Holzkohle verhältniss-
vermindert werden.
e chemische Zusammensetzung der Hochofenschlacken ist sehr viel-
tersucht[4]). Im Folgenden sollen Wiederholungen von Schlacken
ichen Verhältnissen der Bestandtheile möglichst vermieden, wenig
en verdienende Analysen ausgelassen und besonders charakteri-
Beispiele gewählt werden.

ergl. Abthl. II, S. 580 u. f. — [2]) Vergl. Abthl. II, S. 535. — [3]) Vergl.
I, S. 542.
862 veröffentlichte zwar ein gewisser Ch. Mène einen Artikel über Hoch-
ıcken bei der französischen Academie mit der Einleitung, es seien diese
n noch wenig studirt; aber es ist dieser Ausspruch nur ein Beweis der
niss des Verfassers. Freilich finden sich leider gerade in der französischen
eine grosse Menge von Aufsätzen, in denen die Verfasser, sei es absicht-
es aus Unwissenheit das früher über denselben Gegenstand Veröffentlichte
ignoriren, während doch das Studium des bereits Vorhandenen von
orausgesetzt werden darf, der wissenschaftliche Arbeiten über irgend einen
en Gegenstand liefern will. Conf. Comptes Rendus 1862, 54, p. 214.

Analysen von Hochofenschlacken.

1. Schlacken, deren Zusammensetzung der Formel $R^2O^3, SiO^3 + 2\,(3\,RO, SiO^3) = 2\,R_2O_3, 3\,SiO_2 + 6\,(2\,RO, SiO_2) = \left.\begin{matrix}R_2\\R_{12}\\Si_9\end{matrix}\right\}O_{36}$ entspricht:

Schlacken von der angegebenen Zusammensetzung fallen sowohl bei kaltem, wie bei warmem Winde sehr häufig[1]). Zuweilen kommen sie prachtvoll krystallisirt in kleinen quadratischen Säulen vor, sind durchsichtig, durchscheinend oder undurchsichtig, haben ein specif. Gewicht von 2·91, etwa Feldspathhärte (Nr. 6 der gebräuchlichen mineralogischen Scala), gelblichbraune Farbe und sind leicht zerbrechlich. Viele Krystalle zeigen die Säulenkanten abstumpfende Flächen, welche gleiche Winkel mit den anliegenden Säulenflächen bilden. In einzelnen Fällen sind verhältnissmässig grosse undurchsichtige Krystalle gefunden worden, bei denen sowohl die Seiten- als die Endkanten durch Flächen ersetzt sind. Die Schlacke wird durch Chlorwasserstoffsäure vollkommen zersetzt unter Ausscheidung von gallertartiger Kieselsäure und der Ausstossung von etwas Schwefelwasserstoff.

R_2O_3 ist durch Thonerde und RO durch Kalkerde, Magnesia, Eisen- und Manganoxydul repräsentirt. Auch Kali ist im Verhältniss von 1 bis 2 Proc. zugegen. Wird die Kieselsäure nach dem Auswaschen und Trocknen geglüht, so nimmt man meist einen schwachen Geruch nach Schwefel wahr. Wahrscheinlich besteht die Schwefelverbindung, welche bei dem Zusatze einer Säure die Schwefelwasserstoffentwicklung herbeiführt, aus Schwefelcalcium. Man sieht diese Schlacken der Regel nach als das Zeichen eines guten Betriebes und einer passenden Beschickung an. Die folgende Reihe von Analysen (siehe Seite 743) wird die Zusammensetzung hinreichend erläutern.

Nr. II, III, IV und VI sind von Percy, Nr. I und V in Percy's Laboratorium von David Forbes analysirt worden.

Nr. I. stammte von einem mit kaltem Winde und Koks betriebenen Hochofen von Ph. Williams zu Wednesbury Oak bei Tipton in Süd-Staffordshire. Nr. II und III waren von Hochöfen bei Dudley, welche mit heissem Winde und Koks betrieben wurden, Nr. IV und V von ebensolchen zu Russell's-Hall bei Dudley. Als Nr. IV fiel, befand sich der Ofen in Folge einer Unterbrechung des Gebläses in schlechtem Gange. Nr. VI war eine von S. H. Blackwell aus Belgien von der Hütte La Providence zu Marchienne bei Charleroi mitgebrachte, wahrscheinlich bei Koks und heissem Winde erblasene Schlacke.

---

[1]) Report on the crystalline Slags, by Professor W. H. Müller of Cambridge and Dr. Percy, to the British Association, 1846. British Association Rep. published 1847, p. 351 et seq.

	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.
Kieselsäure	39·52	38·05	38·76	37·63	37·91	42·06
Thonerde	15·11	14·11	14·48	12·78	13·01	13·05
Kalk	32·52	35·70	35·68	33·46	31·43	32·53
Magnesia	3·49	7·61	6·84	6·64	7·24	1·06
Manganoxydul	2·89	0·40	0·23	2·64	2·79	2·26
Eisenoxydul	2·02	1·27	1·18	3·91	0·93	4·94
Kali	1·06	1·85	1·11	1·92	2·60	2·69
Schwefelcalcium	2·15	0·82	0·98	0·68	3·65	1·03
Phosphorsäure	—	—	—	—	—	0·19
	98·76	99·81	99·26	99·66	99·56	99·81

In Nr. I, V und VI wurde bei der Analyse der Schwefel durch Schmelzung mit einer Mischung von Kalisalpeter und kohlensaurem Kali-Natron (hergestellt durch Erhitzung der weinsteinsauren Salze) oxydirt, in Nr. II, III und IV dagegen durch sehr starke Salpetersäure. Die erste Methode zeigte überall ein grösseres Verhältniss von Schwefel und dürfte zuverlässigere Resultate geliefert haben als die zweite.

Die Zusammensetzung dieser Schlacken schliesst sich eng an das natürliche Mineral Humboldtilit und die mit demselben als identisch angesehenen Mellit und Somervillit an, da das Verhältniss des Sauerstoffs der R^2O^3-(sechswerthigen) und der RO-(zweiwerthigen) Basen zu dem der Kieselsäure nahezu = 1 : 2 : 3, d. h. die Verbindung von Singulosilicat ist, in welchem der Sauerstoff der RO-Basen doppelt so hoch ist als der der R_2O_3-Basen [1]).

Die Masse der Schlacken von der angegebenen Zusammensetzung ist häufig in einem Theile, namentlich da, wo die Abkühlung plötzlich stattgefunden hat, wie an der Oberfläche glasig, in einem anderen krystallinisch, die Farben beider Theile können dann wesentlich von einander abweichen. Während z. B. der krystallinische Theil gelblichbraun ist, zeigt der glasige oder amorphe Theil blaue oder braunschwarze Farbe.

Die folgenden Analysen betreffen Schlacken der Hochöfen zu Dowlais, ausgeführt von E. Riley, welcher dort Chemiker war [2]). Die Zusammensetzung dieser Schlacken ist im Wesentlichen ähnlich derjenigen der vorhergehenden; aber sie bieten als Durchschnittsproben und wegen ihrer Zusammengehörigkeit ein besonderes Interesse. Es wurde nämlich an sieben aufeinander folgenden Tagen von jedem Hochofen Schlacke in einen Löffel gezapft und von jeder Menge eine Durchschnittsprobe von 200 Grm. genommen. Am Ende der Woche wurden drei verschiedene Proben jedes

[1]) Handbuch der Mineralchemie. Rammelsberg, 1860, S. 731. — [2]) Vergl. auch Proceedings of the Society of Engineers, Jan. 1862.

	1	3	4	5	9	10	11	12
Kieselsäure	39·09	42·52	41·30	44·88	42·08	43·68	42·45	41·
Thonerde	17·14	14·96	16·21	15·51	14·19	16·25	14·30	13·
Eisenoxydul . . .	2·07	3·62	2·65	6·91	2·35	1·33	2·04	1·
Manganoxydul . .	1·15	1·50	1·10	1·67	1·59	1·15	1·22	1·
Kalk	31·95	30·04	30·55	23·81	31·55	28·57	30·89	34·
Magnesia	4·31	3·95	4·42	4·38	4·67	4·42	5·32	4·
Kali	1·98	2·06	2·26	1·98	1·73	2·21	2·04	1·
Calcium	1·64	0·85	1·20	0·59	1·37	1·29	1·04	1·
Schwefel	1·31	0·68	0·96	0·47	1·10	1·04	0·83	0·
Phosphorsäure . . .	0·22	0·41	0·13	0·43	—	0·10	0·10	–
	100·86	100·59	100·78	100·63	100·63	100·04	100·23	99
Metallisches Eisen %	1·61	2·81	2·06	5·37	1·81	1·03	1·58	1

	13	14	15	16	18	Mittel	Durch-schni
Kieselsäure	45·23	42·57	40·02	40·69	38·48	41·85	40·
Thonerde	11·55	13·12	14·71	14·82	15·13	14·73	14·
Eisenoxydul . . .	3·08	3·48	2·52	2·19	0·76	2·63	2·
Manganoxydul . .	1·02	1·18	0·91	1·04	1·62	1·24	1·
Kalk	32·09	31·35	32·27	32·60	32·82	30·99	28·
Magnesia	3·78	4·44	5·47	4·63	7·44	4·76	5·
Kali	1·53	1·79	1·72	1·71	1·92	1·90	1·
Calcium	1·04	0·89	1·31	1·29	1·23	1·15	1
Schwefel	0·83	0·71	1·05	1·03	0·99	0·92	0
Phosphorsäure . . .	—	0·17	0·25	—	0·15	0·15	Sp
	100·15	99·70	100·23	100·00	100·54	100·32	10
Metallisches Eisen %	2·39	2·70	1·96	1·70	0·57	2·04	

Ofens sorgfältig gemischt und aus dieser Mischung die Substanz 1
Analyse entnommen. Die Nummern in der obersten Columne be
sich auf die Bezeichnung der betreffenden Hochöfen, wobei zu bei
ist, dass die Oefen 1 bis 16 gewöhnliches weisses Frischereiroheisen
ten und nur der Ofen 18 graues Giessereiroheisen erzeugte. I
„Mittel“ überschriebene Verticalspalte zeigt den Durchschnitt der

sen der 13 Oefen, von denen Schlacken untersucht wurden, während die mit „Durchschnitt" bezeichnete Verticalspalte das Resultat einer Analyse giebt, welche angestellt wurde mit einer Mischung gleicher Gewichtstheile Schlacke, welche an einem Tage von jedem Hochofen entnommen wurde.

Auch die folgenden Schlacken der Hochöfen zu Dowlais sind von E. Riley analysirt.

	I.	II.	III.	IV.
Kieselsäure	43·59	46·34	40·92	45·60
Thonerde	14·78	15·47	14·85	15·70
Eisenoxydul	1·06	3·92	1·57	8·03
Manganoxydul	1·41	1·33	0·97	1·40
Kalk	31·40	24·65	32·29	21·65
Magnesia	4·66	5·55	4·85	4·85
Kali	1·57	2·33	1·83	2·03
Natron	0·34	—	—	—
Schwefelcalcium	1·93	0·79	1·61	0·65
Phosphorsäure	—	Spuren	—	—
	100·74	100·38	98·89	99·91

Nr. I: Graue Schlacke. Die Erzgicht bestand aus 1 Gewthl. Rotheisenstein, 1 Gewthl. Northamptonshirer (kieseligem) Brauneisenerz und 2 Gewthln. Thoneisenstein der dortigen Steinkohlenformation. — Nr. II: Steinige graue Schlacke. — Nr. III: Schwarzbraune Schlacke vom Hochofen Nr. 13. Bei der Analyse ging etwas Kalk verloren. — Nr. IV: Grüne Schlacke vom Hochofen Nr. 6. Die Erzgicht bestand aus 3 Thln. Thoneisenstein der Steinkohlenformation und 1 Thl. Rotheisenerz.

2. Schlacken, deren Zusammensetzung sich der Formel $R^2O^3, SiO^3 +$

$$3\,(2\,CaO,\ SiO^3) = 2\,R_2O_3,\ 3\,SiO_2 + 3\,(4\,CaO, 3\,SiO_2) = \left.\begin{matrix} R \\ Ca_6 \\ Si_6 \end{matrix}\right\} O_{21}$$

nähert:

Die folgende Analyse einer von Russell's-Hall-Hütte bei Dudley stammenden Hochofenschlacke ist in des Verfassers Laboratorium von Dick gemacht worden. Die Schlacke war ausserordentlich zähe, schwer zerbrechlich und contrastirte in dieser Beziehung auffallend mit allen Schlacken der vorhergehenden Art. Sie bestand aus einem Agglomerate kleiner strahliger, krystallinischer Massen und zeigte eine hellgelblich braungraue Farbe. Sie liess sich nur theilweise von Chlorwasserstoffsäure zersetzen.

		Sauerstoff.
Kieselsäure	47·08	24·92
Thonerde	12·91	6·01
Kalk	29·92	
Magnesia	4·79	
Eisenoxydul	1·00	11·24
Manganoxydul	2·20	
Kali	0·87	
Schwefelcalcium	1·78	
Phosphorsäure	0·05	
	100·60	

Aehnliche Schlacken kommen nicht häufig vor, obgleich sie als Zeichen eines guten Ganges angesehen werden.

Die folgende Analyse ist von Professor C. Ullgren gemacht. Die Schlacke ist zu Edsken in Schweden gefallen, wo bekanntlich ein für den Bessemerprocess vorzüglich geeignetes Roheisen dargestellt wird. Das Sauerstoffverhältniss zwischen Kieselsäure und den Basen, einschliesslich der Thonerde, ist beinahe dasselbe, wie das der vorhergehenden Schlacke, aber das Verhältniss des Sauerstoffs der Thonerde zu dem der übrigen Basen weicht bedeutend ab.

		Sauerstoff.
Kieselsäure	46·371	24·077
Thonerde	4·301	2·013
Kalk	38·640	
Magnesia	7·400	
Eisenoxydul	0·950	14·715
Manganoxydul	1·860	
Kali	0·300	
Natron	0·138	
Kupfer	Spuren	
Schwefel	0·030	
Phosphor	Spuren	
	100·000	

Lindauer theilt unter einer kurzgefassten und nicht geordneten Reihe von Schlacken aus verschiedenen Gegenden auch eine hierhin gehörige Schlacke von Siegen[1]) mit. Sie wird als glasig, flachmuschelig im Bruch und von lauchgrüner Farbe beschrieben und fiel bei der Erzeugung grauen Roheisens.

[1]) Compendium der Hütten-Chemie mit besonderer Anwendung auf die Metallurgie des Eisens. Prag 1861, S. 278.

Ihre Zusammensetzung ist, wie folgt:

Kieselsäure	43·40
Thonerde	12·20
Kalk	18·13
Magnesia	4·50
Eisenoxydul	10·99
Manganoxydul	5·80
Schwefelcalcium	3·97
	98·99

Noch eine in Bezug auf Zusammensetzung der letzten etwas ähnliche Schlacke ist von David Forbes in des Verfassers Laboratorium analysirt worden. Sie stammte aus der Hütte Espérance bei Seraing in Belgien, war braun, porös und verworren krystallinisch, nur theilweis durch Chlorwasserstoffsäure zersetzbar.

		Sauerstoff.	
Kieselsäure	55·77		28·97
Thonerde	13·90		6·49
Kalk	22·20	6·24	8·39
Magnesia	2·10	0·81	
Manganoxydul	2·52	0·56	
Eisenoxydul	2·12	0·48	
Kali	1·78	0·30	

3. Schlacken, deren Zusammensetzung sich dem thonerdehaltigen Augite nähert:

$$Al^2O^3, SiO^3 + 4\,CaO, 3\,SiO^3 = 2\,Al_2O_3, 3\,SiO_2 + 8\,CaO, 9\,SiO_2 = \left.\begin{matrix}Al\\ Ca_4\\ Si_6\end{matrix}\right\} O_{19}.$$

Vor vielen Jahren übermittelte der inzwischen verstorbene verdienstvolle Mineralienhändler M. Krantz in Bonn dem Verfasser prachtvolle krystallisirte Schlacken von dem Hochofen zu Olsberg bei Bredelar unweit Arnsberg, welcher mit Holzkohlen betrieben wird.

Die eine (A der folgenden Tabelle) enthielt eine drusige mit Krystallen besetzte Höhlung. Die Krystalle sollen nach Miller wahrscheinlich dem klinorhombischen Systeme angehören, zeigten aber nicht hinreichende spiegelnde Oberflächen, um sich mit dem Reflexionsgoniometer messen zu lassen. Sie haben eine einzelne Endfläche, welche nicht rechtwinklig zur Axe der Säule steht. Ihre Härte ist gleich der des Apatits. Die Schlacke ist ausserordentlich zähe und schwer zu zerbrechen. Die

zweite Probe (B) bestand aus einer Masse von strahlig-krystallinisc Structur, deren Individuen zu klein für jede Messung waren. Die Hä lag zwischen Feldspath und Apatit. An der einen flachen Seite beiden Proben zeigten sich sehr kleine Schuppen von Graphit. Schlacken waren nur theilweise durch Chlorwasserstoffsäure zersetzl A wurde vom Verfasser, B von David Forbes in desselben Laboratori analysirt. Ihre Zusammensetzung war folgende:

	A.			B.
	a.	b.	Mittel	
Kieselsäure	53·27	53·48	53·37	53·76
Thonerde	5·06	5·19	5·12	4·76
Kalk	30·65	30·78	30·71	29·48
Magnesia	9·47	9·54	9·50	9·82
Manganoxydul	1·41	—	1·41	1·30
Eisenoxydul	1·02	0·89	0·95	1·48
	100·88	—	101·06	100·60

A enthielt Kali, aber keine Spur Natron, ferner eine geringe Men Schwefel, aber das durch Chlorwasserstoffsäure entwickelte Gas hatte e schieden den besonderen Geruch des Wasserstoffs, welcher durch Einw kung derselben Säure auf Eisen entsteht, neben dem des Schwefelwass stoffgases. Der freie Wasserstoff muss wohl von Eisenpartikelchen h rühren, die sich möglicherweise von dem zur Pulverisirung benutz Stahlmörser abgelöst hatten. Phosphorsäure konnte nicht nachgewie werden. Der Grund für das nicht unbeträchtliche Plus der Anal liess sich nicht nachweisen.

Sauerstoff der Bestandtheile.

	A.		B.	
Kieselsäure	—	27·72	—	27·93
Thonerde	—	2·81	—	2·22
Kalk	8·62	12·81	8·28	12·71
Magnesia	3·67		3·80	
Manganoxydul	0·31		0·29	
Eisenoxydul	0·21		0·34	

Der Sauerstoff der Kieselsäure ist nahe doppelt so hoch als der Basen und der der RO-Basen ist zwischen vier- und fünfmal so

als der der R_2O_3-Basen. Die Zusammensetzung nähert sich der Formel:

$$Al^2O^3, SiO^3 + 4(3CaO, 2SiO^3) = 2Al_2O_3, 3SiO_2 + 12(2CaO, SiO_2) = \left.\begin{matrix}Al_2\\Ca_{24}\\Si_{15}\end{matrix}\right\}O_{60}.$$

4. Schlacke, deren Zusammensetzung sich der des Gehlenits nähert:

Derartige Schlacken sind sehr selten. Das folgende Beispiel stammt vom Hochofen zu Oldbury bei Birmingham, welcher mit heissem Winde betrieben wird. Die Probe war mit Koks, Eisenkügelchen und anderen Substanzen gemischt, auch Schwefeltheilchen waren hier und da auf den Krystallflächen abgesetzt. Die Schlacke bestand aus dünnen, rechteckigen Krystalltafeln, deren Seitenflächen zu einander und zur Endfläche rechtwinklig standen und welche vermuthlich dem tetragonalen Systeme angehörten. Die Tafeln waren weiss, bei grosser Dünnheit durchscheinend; die Härte lag zwischen der des Feldspaths und des Apatits. Die Schlacke war vollständig durch Chlorwasserstoffsäure zu zersetzen. Die Analyse, vom Verfasser ausgeführt, ergab folgende Resultate:

					Sauerstoff.	
Kieselsäure	28·28	28·36	—	28·32	—	14·71
Thonerde	24·24	24·27	—	24·24	—	11·33
Kalk	40·39	—	39·96	40·12	11·27	
Magnesia	2·94	—	2·62	2·79	1·08	
Manganoxydul	—	—	—	0·07	0·01	12·53
Eisenoxydul	—	—	—	0·27	0·06	
Kali, mit Spur Natron	—	—	—	0·64	0·11	
Schwefelsaurer Kalk	—	—	—	0·26		
Schwefelcalcium	—	—	—	3·38		
				100·09		

Die Zusammensetzung nähert sich der Formel:

$$3Al^2O^3, SiO^3 + 3(3CaO, SiO^3) = 2Al_2O_3, SiO_2 + 3(2CaO, SiO_2) = \left.\begin{matrix}Al\\Ca_3\\Si_2\end{matrix}\right\}O_{10}.$$

Diese Formel wurde später auch von Rammelsberg für das natürliche Mineral angenommen. Derselbe kam, ganz unabhängig von den Untersuchungen des Professors W. H. Miller und denen des Verfassers über das entsprechende Hochofenproduct, auf Grund einer besonderen Analyse zu demselben Schlusse [1]).

[1]) Natürlicher Gehlenit wird im Fassa-Thal in Tyrol gefunden und krystallisirt in undurchsichtigen, grauen quadratischen Säulen.



Manganoxydul	2·70	1·40	2·63	4·80	2·20	25·84	
	99·86	99·63	99·29	99·86	97·71	99·60	9

Nr. I. Nach Klasek. Schlacke von Rothau, aus grauem Roheisen; bläulichweiss und emailähnlich; — sten. Schlacke von Peitz (Neumark), aus Raseneiser und glasig. — Nr. III. Nach Berthier. Schlacke Magneteisenerz; hellgrün, emailähnlich, etwas blasig. Klasek. Schlacke von Rothau aus Sphärosiderit; schwärzlich und bimsteinartig. — Nr. V. Nach Ramm von Rübeland, bei halbirtem Roheisen; grün und glasig Karsten. Schlacke von Siegen aus Spath- und Br grauem Roheisen und sehr heissem Ofengange. — Nr. sten. Schlacke von ebendaher, bei Spiegeleisen und VIII. Nach Berthier. Schlacke von Vionville, aus grün, blasig, glasig und durchscheinend. — Nr. IX. Schlacke von Eisenerz in Steyermark, aus Spatheise Nach Klasek. Schlacke von Rothau, aus Sphäroside erz; dunkel graublau.

Eisengehalt der Hochofenschlack

Da die Hochofenschlacken mit geringen Ausnah wesen keine weitere Anwendung finden, so ist es vo Bedeutung, dieselbe so eisenfrei als möglich herzust

ver von den schwereren und nicht so spröden Eisenkörnern durch einen sserstrom ab.

Aber auch bei Kokshochofenschlacken finden sich nicht selten einnengte Eisenkörner, und wenn deren Gewinnung in der angegebenen ise sich auch kaum jemals bezahlt macht, so ist dieser Umstand h für Analysen beachtenswerth. Zur Anstellung einer sorgfältigen lackenanalyse gehört nämlich vor Allem eine Aussonderung der Eisenner durch den Magneten.

In chemischer Verbindung kommt das Eisen als Oxydul wohl in er Hochofenschlacke vor. Aber bei einem guten Hochofengange sollte Gehalt daran niemals 1 Proc. übersteigen. Ist die Reduction unvollndig, oder tritt erneute Oxydation ein, so steigt der Gehalt sofort, die lacke wird schwarz und hält oft 5 und mehr Procent, ohne dass doch on Gefahr für den Ofen vorhanden zu sein braucht.

In England rechnet man im Allgemeinen 2 Proc. Eisen in der lacke als das Mittel bei gutem Gange; in einzelnen Districten, z. B. I-Wales, wo viel Puddelschlacken verschmolzen werden, lässt man aber it mehr zu und behauptet, eine weitergehende Reduction sei unökonosch. Dr. Noad analysirte viele Schlacken der Blaina-Hütte in Süd-les und fand als durchschnittlichen Eisengehalt 5 Proc. bei der Ergung weissen Eisens. Die folgenden Untersuchungen des genannten emikers zeigen ein ähnliches Verhältniss auch für andere Gegenden:

	I.	II.
Kieselsäure	39·20	35·60
Thonerde	15·20	15·80
Kalk	35·50	33·10
Magnesia	2·84	4·20
Eisenoxydul	4·32	9·92
Alkalien etc.	2·94	1·38
	100·00	100·00

Nr. I. war milchweiss und Nr. II. dunkelgrün. Beide waren leicht ıd vollständig durch kalte Chlorwasserstoffsäure zersetzbar. Sie kamen n Hochöfen in Süd-Staffordshire, welche mit kaltem Winde betrieben urden und sollen bei der Erzeugung eines sehr guten Roheisens gellen sein.

Wenn die Verhältnisse der Hochöfen in Süd-Staffordshire im Allgeeinen betrachtet werden, so muss man die genannten Beispiele immer s Ausnahmen bezeichnen, während das angegebene Verhältniss für Südales auch im Durchschnitt zutrifft.



vertreten wird, wenn die wissenschaftlich als richtig
auch in der Praxis nach Möglichkeit befolgt wird.

Farben der Schlacke.

Es ist schon erwähnt, dass eine gute Hochofensc
nen eine helle Farbe zeigen soll. Die Farbentöne sol
meist hellgrün und gelbbraun. Das Vorkommen leb
ist bereits im ersten Theile der Metallurgie (S. 28), e
Praxis werthvolles Kennzeichen ist diese blaue Farb
gelbgrüne oder lauchgrüne Farben zeigen einen hohe
und geben bei der Weisseisenerzeugung einiges Anh
des nicht reducirten Mangans. Bei der Production g
wenig manganhaltigen Erzen pflegt eine hellgrüne
Sehr selten kommt die violettrothe Farbe der Mang
schein. In Ebbw-Vale wurde solche Schlacke erzeugt
sichtig und steinig war und dabei eine zarte rosa Fär
an entglasetes Kronglas erinnerte. Sie fiel bei dem
von Spatheisenstein.

Am wichtigsten für den Hüttenmann ist die sch
Schlacke. Obwohl im Allgemeinen diese Färbung un
tion (Rohgang) anzeigt und von einem zu hohen Gel
herrührt, so ist doch festgestellt, dass auch Schlacken

sammensetzung, mit ebensoviel Eisen und ebensoviel Schwefelcalcium enthalten und dennoch nicht schwarz sind.

Uebrigens kann eine Schlacke in der Masse schwarz erscheinen, dagegen in schwachen Splittern bei durchscheinendem Licht eine tief grüne Farbe besitzen, und dann hat man ein sicheres Zeichen dafür, dass die Färbung von vielem Eisenoxydul herrührt.

Veränderung der Schlacken bei der Abkühlung.

Die Hochofenschlacken sind bei schneller Abkühlung glasig. Werden sie langsam abgekühlt oder nach schneller Abkühlung nochmals erhitzt, so werden sie steinig. Kommen sie flüssig in Berührung mit Wasser, so entstehen bimsteinartige (schaumige) Massen. Krystalle scheiden sich bei langsamer Abkühlung in Hohlräumen ab, finden sich aber auch porphyrartig in glasiger oder steiniger amorpher Grundmasse. Ganz krystallinische Schlacken, wie die oben beschriebenen, sind selten. Zuweilen fallen ziemlich gleichzeitig verschiedenartige Schlacken, die sich dann variolithartig mischen. So finden sich an schwedischen Hochöfen häufig grüne glasige Schlacken mit schwarzen, meist kugelförmig agglomerirten Ausscheidungen.

Manche Schlacken haben die Eigenschaft, freiwillig zu zerfallen. Eine zu Park-Gate-Hütte in Yorkshire (1859) erzeugte Schlacke zerfällt kurz nach ihrem Erstarren vollständig zu feinem Pulver. Ebenso verhält sich die graue und blasenreiche Schlacke der Workington-Hochöfen in Cumberland, wo harter und milder Rotheisenstein auf graues Roheisen verschmolzen wird. Ebenso verhalten sich ferner die meisten Schlacken des Siegerlandes, wo man Spiegeleisen aus manganhaltigen Spatheisensteinen erbläst. Diese Eigenschaft erinnert an die Experimente Sefström's [1]), welcher Gleiches bei sehr basischen Kalksilicaten fand und man darf annehmen, dass der Grund auch bei den Hochofenschlacken in einem Ueberschusse von Kalk zu suchen ist [2]).

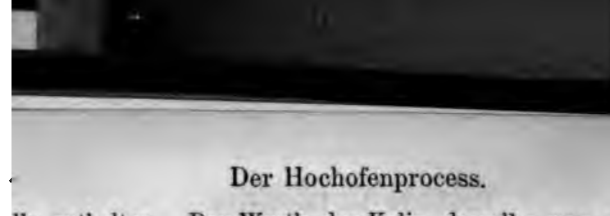
Uebrigens scheint diese Eigenschaft durch Gegenwart von Schwefelcalcium begünstigt zu werden, denn die meisten derartigen Schlacken zeigen beim Zerfallen einen sehr deutlichen Geruch nach Schwefelwasserstoff.

Das freiwillige Zerfallen der Hochofenschlacken erleichtert deren Anwendung im zerkleinerten Zustande. Nicht von selbst zerfallende Schlacken zerkleinert man durch Einleiten in kaltes Wasser.

Bei der Betrachtung der chemischen Zusammensetzung der Hochofenschlacken fällt die verhältnissmässig grosse Menge Kali auf, welche

---

[1]) Metall. Bd. I, S. 43. — [2]) Dieselbe Erscheinung findet bei der Erstarrung des geschmolzenen schwefelsauren Doppelsalzes von Kali und Kupferoxyd = $KO, SO_3 + CuO, SO_3$ statt.



fast alle enthalten. Der Werth des Kalis, dasselbe nur z
der Schlacke angenommen, ist bedeutend [1]). Daher entsteh
ob es sich nicht wenigstens bei solchen Schlacken, welche f
fallen, lohnen sollte, das Alkali zu extrahiren. Schon Was
kalkreichen Schlacken einigermaassen in dieser Richtung v
Die Kostspieligkeit des Abdampfens der sehr verdünnte
möchte indessen ein kaum überwindbares Hinderniss für d
suche sein.

Verwendung der Hochofenschlacke.

Der grösste Theil der Hochofenschlacken bleibt unve
bildet daher grosse Halden in der Nähe der Hüttenwerke
Ausdehnung der letzteren behindern und meist eine sehr u
Benutzung des Grund und Bodens bilden. Wenn man beden
land allein jährlich etwa 8 bis 12 Millionen Tonnen (à 20 (
erzeugt, so ist wohl der Wunsch, dieselben ökonomisch zu
sehr gerechtfertigt.

Schon seit sehr langer Zeit hat man versucht, d
schlacken in Steine zum Mauern, Dachdecken, Flurbelege
formen.

Ein dahin zielendes Patent von John Payne rührt z.
Jahre 1728 [2]).

Namentlich eignen sich die beim Holzkohlenhochofenbe
den Schlacken zur Ziegelfabrikation. Man bedient sich hier
ner Formen, welche aus einer Bodenplatte, zwei Seitentheilen
zwei Seiten des Ziegels umfasst) und einer in Charnieren
Deckplatte bestehen. Die einzelnen Theile werden durch K
sammengehalten. Der Arbeiter nimmt die erforderliche Sch
von der Schlackentrift, würgt sie so lange wie einen Teig d
bis alle Gas- und Luftblasen entfernt sind, drückt sie mit e
in die Form und schliesst diese. Bei 4 bis 6 Formen kan
in 12 Stunden 140 bis 150 Stück Ziegeln fertigen [3]). Zu
beim Durcharbeiten der Schlacke auch noch Koks, Kies, k
in Stücken u. dergl. mehr eingeknetet.

Die erstarrten, aber noch heissen Schlackensteine lässt m
unter einer Decke von Kohlenlösche langsam erkalten ode
noch besser in einen Temperirofen. Dieser hat die Form ein
Röststadel [4]). Die Ziegeln werden dicht neben einander g

---

[1]) Etwa 6 bis 7 Thlr. in der Tonne (20 Ctr.) Schlacke. — [2]) N
505. Abridgments of Specifications relating to the Manufacture (
[3]) Vergl. Weniger, der prakt. Schmelzmeister, 1851. S. 126. — [4]) V

Lage wird mit Kohlenlösche bestreut, bis der Ofen voll ist. Hier temperiren die Ziegeln 24 bis 36 Stunden und kühlen dann langsam aus [1]).

Solche Steine sind sehr brauchbar zu Mauern, zum Ausbau von Fachwerk und zur Errichtung von Werkschuppen. Baut man grössere Häuser, so müssen die Kanten und Ecken stets aus festerem Materiale (Lehmziegelsteinen, Sandsteinen u. s. w.) hergestellt werden. Sich freiwillig zersetzende Schlacken sind in dieser Weise gar nicht anwendbar.

Nächstdem verwendet man Schlacken als Chausseebaumaterial. Man lässt sie zu diesem Zwecke möglichst langsam und in grossen Massen erstarren. Die flüssige Schlacke wird meist direct aus dem Hochofen in grosse Sümpfe geleitet, in denen eiserne Haken befestigt sind. Durch Krähne wird der Schlackenklumpen nach dem Erstarren ausgehoben, um dann unter Steinbrechern oder durch Hand zu passenden Stücken zerkleinert zu werden. Eine solche Schlacke, die man basaltirt nennt, ist da, wo man keinen natürlichen Basalt hat, ein sehr gutes Chausseematerial. Bei einer guten Beschüttung ist auch kein Nachtheil für die Hufe der Pferde zu fürchten.

Einen nicht zu unterschätzenden Werth hat namentlich die kalkreiche Schlacke als Material für den Mörtel. Man granulirt die Schlacke zu diesem Zwecke durch Einleiten in ein Wasserbassin, hebt die Granalien von Zeit zu Zeit durch eine Schaufel aus oder hängt in das Bassin einen Siebkasten, auf dem sie sich sammeln und mit dem sie herausgehoben werden. Die Schlackengranalien werden entweder bei der Mörtelbereitung in den gelöschten Kalkbrei gesetzt und vertreten dann einfach den Sand, oder sie werden mit gelöschtem Kalkbrei zusammen vermahlen und in Steine gepresst, welche anfangs sehr weich sind, bald aber zu bedeutender Festigkeit erhärten. Das erstere Verfahren ist im Siegerlande sehr gebräuchlich, das letzte von Lürmann zu Georgs-Marienhütte mit grossem Erfolge eingeführt worden [2]). Der Mörtel erlangt meist hydraulische Eigenschaften.

Unbedeutend und meist unökonomisch ist die Verwendung der mit Farben versetzten Schlacke zu Bauornamenten oder Schmuckgegenständen. Zur Herstellung der ersteren presst man die möglichst heissflüssige Substanz in entsprechende Formen, nachdem man sie durch Kneten von Blasen befreit hat.

Behufs Anfertigung der Schmuckgegenstände schmilzt man die Schlacke nochmals um und giesst sie unter Druck in Formen. Manche kieselsäurereiche Schlacken lassen sich zu feinen Fäden ausziehen, die man selbst verweben kann.

Als Zusatz zu Flaschenglas und zur Emaillirung gewöhnlicher Thonwaaren werden geringe Schlackenmengen nur dann verwendet, wenn die entsprechende Fabrikation ganz in der Nähe umgeht. So verwerthet

---

[1]) Vergl. Preuss. Zeitschr. f. Berg-, Hütten- u. Sal.-Wesen. XI, Seite 192. — [2]) Dort erheben sich stattliche Gebäude aus solchen Steinen.

Da die Materialien der Hochofenwandungen aus ki
Substanzen bestehen, so ist jede basischere Schlacke geeig
daraus aufzunehmen und jene zu zerstören (zu zerfresse
teren Theilen des Hochofens schützt der dort stets vorh
mantel, während der Bodenstein durch das daselbst befin
bewahrt bleibt. Es ist daher nur das Gestell bei und nah
men dem Zerfressen ausgesetzt und in der That erw
Hochofen auch hier schnell, wenn man nicht Gegenm
Diese Gegenmittel bestehen theils in hinreichender Kühl
der Bildung von künstlichen Ansätzen. Das letztere erre
etwas in das Innere des Ofens hervorragende Stellung de
Durch vorsichtige und zeitgemässe Anwendung der beid
Mittel gelingt es, das Gestell so lange in guter Ordnung
die oberen Theile des Ofens selbst Widerstand leisten.

Einen eigenthümlichen Einfluss übt die Hitze auf Sa
man öfters zur Begränzung des Bodens und des Gestell
anwendet. Diese sondern sich säulenartig, wie Basalt,
fünf- oder sechsseitigen, übrigens wie der Basalt unregel
ten Säulen stehen mit ihrer Axe stets rechtwinklig zur
Fläche. Sie erscheinen in ihrer Masse gänzlich verände
fläche etwas glasirt, im Innern anfangende Verglasung
durch und durch mit sehr kleinen glänzenden Eisenparti
nirt, ja, zeigen zuweilen ausgebildete gangartige Eisena
dass die Structurveränderung, welche sich durch die Hi
erklären lässt, alkalischen Dämpfen zuzuschreiben ist.

h längerem Betriebe eines Hochofens fast ohne Ausnahme im Boden-
in desselben vorfindet. Sie enthält ausser den Resten des Bodensteins
ost namentlich Eisen in verschieden gekohlten Zuständen, meist aber
ı geringerem Kohlenstoffgehalt als Roheisen. Das niedriger gekohlte
sen ist offenbar durch Oxydation aus Roheisen entstanden, wofür ein
weis ist, dass neben diesem auch sogar Eisenoxydoxydul, zuweilen kry-
llisirt, auftritt. Neben den Eisenverbindungen finden sich je nach der
schaffenheit der Erze verschiedene Schwefelmetalle und andere Metall-
rbindungen, namentlich die von Blei, Zink und Titan.

Diese Sauen sind in Folge der Zähigkeit des Eisens und ihres oft
ossen Umfanges gewöhnlich nur schwer aus dem Ofen zu entfernen.
rkleinerung derselben durch Pulver, Dynamit u. s. w. ist oft für den
henbleibenden Rauhschacht gefährlich und man hat daher an vielen
ten (z. B. zu Phönixhütte bei Ruhrort) zur Zerkleinerung durch Was-
seine Zuflucht genommen. Es werden zu diesem Zwecke in dichte
eile der Sau Löcher gebohrt, diese mit Wasser gefüllt und durch Eisen-
psel verschlossen. Der Schlag auf den hervorragenden Eisenstöpsel
rch einen schweren Rammbär genügt meist zu einer Zerberstung.
ten lohnt es sich, die Sauen in Feinfeuern, Frischfeuern, Flammschmelz-
n und ähnlichen Apparaten weiter zu verarbeiten. Die Sauen sind
reichsten Fundpunkte für

Stickstoffcyantitan[1]). Diese interessante und merkwürdige Ver-
dung wurde zuerst 1822 von Wollaston untersucht. Wöhler fand
in:

Titan	77·26
Stickstoff	18·30
Kohlenstoff	3·64
Graphit	0·92
	100·12

Dies führt auf die Formel $TiCy + 3Ti^3N = N_3Ti_5Cy$. Die vor-
rschende Krystallform ist der Würfel, doch finden sich auch häufig
taëderflächen. Zuweilen finden sich vollständige, aber dann immer
s Würfeln zusammengesetzte Octaëder. Die gebrochenen Flächen der
steren erreichen oft eine Grösse von mehreren Millimetern. Zuweilen
rchzieht das Stickstoffcyantitan gangartig die Reste des Bodensteins.

Graphit (Gaarschaum, *Graphite*, *Kish*) kommt bei der Erzeu-
ng grauen Roheisens oft in grossen Mengen in Form dünner Blättchen
m Abstich aus dem Hochofen, findet sich in der Schlacke und in der
ı. Man kann meist einen Gehalt an Silicium in diesen Blättchen nach-
isen. Er bildet oft Krystalle von scheinbar beträchtlicher Dicke. Zer-
cht man dieselben, so findet sich im Inneren stets Schlacke. Derartige
rkommnisse sind bei der Erzeugung von Spiegeleisen im Siegerlande
ht selten.

[1]) Vergl. auch Abthl. I, S. 218.



ten Orten aufbewahrt, wurde sie an einzelnen Stellen
der Oxydation des Eisens. Mit kohlensaurem Natron
sie Ammoniak, welches gesammelt und als Platinchlo
gen, 0·07 Proc. Stickstoff ergab. Das Resultat ist et
das Glasrohr während der Analyse zersprang, und n
angenommen werden. Ein zweiter Theil wurde n
säure behandelt, um das Eisen zu lösen und mit F
verdampft, wobei eine sehr kleine Menge Rückstan
wurde mit Schwefelsäure angefeuchtet und durch
grösseren Theile des Säureüberschusses befreit. N
wurde der Rückstand bei gewöhnlicher Temperatur
delt. Beim Kochen setzte die Lösung 0·004 Grm. T
Das Filtrat gab beim Eindampfen keinen Rückstand
ungelöst gelassene Theil enthielt Graphit und aus
gelbe Würfel der Titanverbindung. Es liess sich
das Ammoniak von der Kieselsäure, vom Kieselstic
beigemengten Titanverbindung entwickelt worden wa
tere wahrscheinlich.

Nach Leonhard kommt haarförmige Kieselsäu
in Höhlungen der Gestellwandungen und in den Sauer
sie als schneeweisse, seidenartige, strahlige Büschel,
ähnlichen Krystallen, welche man durch die geringste
blasen kann[2]). Vauquelin scheint ihre wahre I
festgestellt zu haben. Auch Gurlt giebt an, das
längst bekannt ist und gewöhnlich in der Nachbarsc
Spalten und Höhlungen der Bodensteine, zusammen
Titanverbindung gefunden wird[3]). Unter den versc

en Zustande nennt man diese Kieselsäure Eisenamianth. Eine obe aus dem Hochofen zu Olsberg zeigte nach Schnabel folgende Zusammensetzung:

Kieselsäure	98·13
Thonerde	1·24
Kalk	0·46
Magnesia	Spuren
Eisenoxydul	Spuren
	99·83

Das specifische Gewicht war 2·59. Sie war unlöslich in Säuren und molz vor dem Löthrohr mit kohlensaurem Natron auf Holzkohle unter brausen zu einem durchsichtigen Glase.

Die faserige Kieselsäure in den Hochöfen entsteht wahrscheinlich ch Oxydation von Silicium, welches sich unter ähnlichen Bedingun- wie Graphit bildet. Nach Deville soll es sich durch Kohlen-d bei hoher Temperatur oxydiren. Jeffreys hat über einen merk-digen Fall von Flüchtigkeit der Kieselsäure bei hohen Temperaturen er Einwirkung von Wasserdampf berichtet [1]). Er liess eine grosse ge Dampf durch einen Thonwaarenbrennofen streichen, dessen Tem-atur mehr als genügend war, um Roheisen zu schmelzen, und bemerkte her rund um die Oeffnung des Ofens, aus welcher der Dampf ent-h, mehrere wie Schnee abgelagerte Kilogramme Kieselsäure. Ber-ius fügt dieser Mittheilung, als einen analogen Fall, die wohlbe-nte Flüchtigkeit der Borsäure in Wasserdampf und die von Gaudin bachtete Thatsache bei, dass Kieselsäure vor dem Knallgasgebläse htig ist.

Diese Mittheilung rührt von Berzelius her; der Beobachter Jeff-s aber hatte einen Aufsatz an die Royal Society mitgetheilt, aus wel-m ein kurz gefasster Auszug in deren Zeitschrift [2]) veröffentlicht wurde. zweiter, denselben Gegenstand betreffender, etwas ausführlicherer Auf- findet sich in der Zeitschrift der British Association [3]). Liest man se letzte Mittheilung, so findet man so wenig wissenschaftliche Präci-n des Ausdrucks, dass die unbedingte Beistimmung von Berzelius dadurch begreiflich ist, weil derselbe allein jenen zuerst angegebenen rzen Auszug als Quelle benutzt hatte. Jede Analyse der angeblichen eselsäure fehlt, kurz jeder Beweis, dass der Beobachter wirklich Kiesel-re gesehen habe. Die Beobachtungen waren dazu in Furrukabad, 0 englische Meilen nördlich von Calcutta gemacht worden.

Granat. In einem Stück einer Sau von der Monklandhütte in hottland fand der Verfasser kleine, granatähnliche Krystalle, über wel-e Professor W. H. Miller eine Mittheilung machte [4]). Sie genügten

---

1) Berzelius, Jahresber. 1843, S. 90. — 2) Proceedings of the Royal Society, 0. p. 232. — 3) Brit. Assoc. Report. 1840, p. 125. — 4) Phil. Mag. Oct. 1858.

leider nicht zu einer chemischen Analyse. Die Krystalle hatten das Aussehen eines dunkelgefärbten Granats. Einer, von gegen 2 Millimeter Durchmesser, hatte sehr breite und wohl ausgebildete Flächen und liess sich mit dem Reflexionsgoniometer messen. Er zeigte die Form des Rhombendodecaëders, die Ecken durch sechsseitige Flächen abgestumpft, was ebenfalls nicht selten beim natürlichen Granate ist. Ausser diesem Falle ist nur noch auf Grund der Autorität Studers von Gurlt angegeben, dass Granat in Hochofenschlacken vorkomme, aber ohne dass Details mitgetheilt werden [1]).

Leonhard giebt an, dass Granat entweder niemals oder doch nur höchst selten in Hochofenschlacken gefunden sei [2]).

Ofenbruch, Gichtschwamm. (*Furnace Cadmia*, *Calamine*). Bei der Verschmelzung zinkischer Erze geht zwar ein Theil des Zinks als Zinkoxyd mit den Gichtgasen aus dem Ofen, wie dies S. 357 und 600 erörtert ist, ein anderer Theil setzt sich aber als feste Kruste im Ofen an und kann selbst den ganzen Schachtquerschnitt erfüllen. Dieser Ansatz wird Ofenbruch oder Gichtschwamm genannt und besteht im Wesentlichen aus Zinkoxyd, obwohl nicht selten auch metallische Zinktheilchen von Zinkoxyd umhüllt vorkommen. Er hat gewöhnlich eine dunkelgelbgrünlich-graue Farbe und zeigt eine deutlich geschichtete Structur. Die Schichten gehen concentrisch zur Ofenwandung. Zuweilen zeigen sich ausgezeichnet schöne Krystalle von hexagonaler Säulenform, glänzend dunkelgrün oder gelbgrün, durchscheinend bis durchsichtig. Sie wurden anfangs fälschlich für Epidot gehalten. Dieselben Krystalle finden sich auch in der Sau wieder.

Ebelmen hat die folgende Analyse eines Gichtschwammes vom Hochofen zu Treveray mitgetheilt, welcher sich in concentrischen Zonen abgesetzt hatte, graue Farbe besass und hin und wieder Körner metallischen Bleis einschloss; sein specifisches Gewicht bei 15° C. war = 4·97; unter der Einwirkung von Chlorwasserstoffsäure entwickelte er etwas Schwefelwasserstoffgas und liess eine kleine Menge unlöslicher Substanz zurück, welche aus sandigen Partikeln und metallischem Blei bestand [3]).

Zinkoxyd	91·6
Eisenoxydul	3·0
Bleioxyd	1·6
Schwefelblei	1·6
Blei	1·4
Kieselsäure und Sand	0·8
	100·0

[1]) Uebersicht der pyrogeneten künstlichen Mineralien. Freiberg, 1857, S. 61, wo Bezug genommen wird auf Studer's Lehrbuch d. phys. Geographie u. Geologie S. 121. — [2]) Hüttenerzeugnisse, S. 327. — [3]) Trav. Scient. I, S. 304.

Der Gichtschwamm muss von Zeit zu Zeit aus dem Ofen, in welchem er sich etwa in der Tiefe von 2 bis 4 Meter unterhalb der Gicht ansetzt und zwar um so mehr, je mehr man die Gase nach der Peripherie leitet, ausgebrochen werden. Zu diesem Zwecke lässt man die Gichten bis zu der Tiefe unterhalb des Ansatzes herabgehen, ohne neu aufzugeben, stellt das Gebläse ab, bedeckt die Oberfläche der Gichten mit feuchtem Erzklein und hängt grosse Blechschaufeln ein, in welche der Gichtschwamm durch Brechstangen gestossen wird. Am besten ist es, Arbeiter zu diesem Zwecke hinabzulassen, doch ist Vorsicht nöthig und jeder Mann muss an einem Seile befestigt sein, um schnell hinaufgezogen zu werden, falls Kohlenoxydentwicklung ihn betäubt. Die Entfernung des Gichtschwammes ist durchaus nöthig, um den Ofengang gut zu erhalten, auch liegt in der Gewinnung des Gichtschwammes ein meist nicht unbedeutender Vortheil für das Hüttenwerk. So werden z. B. auf der Concordiahütte bei Eschweiler jährlich an 100 000 Kil. gewonnen. Sehr schädlich ist es, wenn losgelöster Zinkschwamm in Folge von Unvorsichtigkeit der Arbeiter oder bei zu grosser Langsamkeit in der Operation nicht aus dem Ofen geholt werden kann, sondern mit den Gichten in die tieferen Theile gelangt. Die grosse Menge des plötzlich in die Schmelzzone kommenden Zinkoxyds bewirkt die Bildung einer sehr zähen Schlacke, die Verdampfung des reducirten Zinks beansprucht eine grosse Wärmemenge und der Ofen kommt durch Beides meist in einen sehr schlechten Gang, der leicht ein Einfrieren zur Folge hat, wenn man nicht, nachdem der Unfall geschehen, sofort einige leichte oder leere Gichten nachgiebt.

Ofenblei. Das meist silberreiche Ofenblei ist bereits früher (Seite 602) erwähnt. Es findet sich oft in Platten und Adern in den Gestellwandungen und in der Ofensau, bildet aber auch im oxydirten Zustande Glätte und Mennige, oder mit Kohlensäure verbunden eine dem Weissbleierz analoge und ebenso krystallisirte Verbindung. Selten ist das dem Pyromorphit entsprechend zusammengesetzte Bleiphosphat. Die Sammlung der Bergakademie zu Berlin besitzt ein an der Sau eines Hochofens bei Seraing gefundenes Stück. Auch Schwefelblei, in der Form des Bleiglanzes, kommt mitunter in den Wandungen der bleiglanzhaltige Brauneisenerze verschmelzenden Hochöfen vor. So ist es zu Königshütte in Oberschlesien gefunden worden.

Roheisen.

A. Spiegeleisen.

Spiegeleisen [1]) wird zwar vorzüglich aus manganhaltigen Spatheisensteinen erzeugt, aber es fällt auch bei der Verwendung von manganreichen Sphärosideriten, von Brauneisenerzen, welche Kerne von kohlen-

[1]) Vergl. Abthl. I., S. 153 und Abthl. II. S. 582.

saurem Eisenmanganoxydul umschliessen, selbst bei Benutzung man
haltiger Schlacken. Ein manganfreies Spiegeleisen ist bisher noch n
nachgewiesen, da die einzige Analyse, welche ausdrücklich die Abwe
heit des Mangans constatirt, der Bestätigung bedarf[1]. Die folgen
Analysen geben ein Bild seiner Zusammensetzung.

I. Spiegeleisen von Müsen: Das aus dem Stahlberger Spa
eisenstein[2]) producirte Spiegeleisen des Cöln-Müsener Bergwerksver
ist von Fresenius untersucht. Derselbe fand:

	I.
Eisen	82·860
Mangan	10·707
Nickel	0·016
Cobalt	Spur
Kupfer	0·066
Aluminium	0·077
Titan	0·006
Magnesium	0·045
Calcium	0·091
Kalium	0·063
Natrium	Spur
Lithium	Spur
Arsenik	0·007
Antimon	0·004
Phosphor	0·059
Schwefel	0·014
Stickstoff	0·014
Silicium	0·997
Kohlenstoff	4·323
Kieselsäure, aus der beigemengten Schlacke	0·475
Sauerstoff, verbunden mit den Basen der Schlacke, nämlich Thonerde, Eisen- und Manganoxydul, Kalk, Magnesia und Alkalien	0·190
	99·954

Es ist bereits[3]) darauf aufmerksam gemacht, dass fast jedes
eisenstück eingemengte Schlackenpartikelchen enthält, und dass man
her bei der Bestimmung der einzelnen Bestandtheile hierauf Rück
nehmen müsse, wie dies auch Fresenius gethan. Da der angege
Sauerstoffgehalt grösser ist, als zur Oxydation der genannten Erdl
und Alkalien erforderlich (denn das vorhandene Aluminium, Magne
Calcium und Kalium erfordern nur 0·149 Proc.), so durfte Frese

[1]) Vergl. Abthl. I., S. 155. — [2]) Vergl. Abthl. I., S. 276. — [3]) Abth
S. 266.

allerdings den Schluss ziehen, dass der Rest Sauerstoff an Eisen- und Manganoxydul gebunden war.

Der Spatheisenstein, aus welchem dieses Roheisen erzeugt wird, enthält nach Peters[1]) durchschnittlich:

Kieselsäure	1·62
Thonerde	1·63
Eisenoxyd	2·75
Eisenoxydul	52·12
Manganoxydul	0·83
Kalk	1·75
Magnesia	2·29
Zinkoxyd	0·04
Kohlensäure	35·92
Phosphorsäure	0·54
Doppeltschwefeleisen	0·22
Wasser	0·45
Organische Substanz	0·39
	100·55
Eisen-Proc. im rohen Erz	42·59
" " gerösteten Erz	61·80

II. Spiegeleisen von Theresienthal in Böhmen: Nach R. Richter in Leoben[2]).

	II.
Kohlenstoff	2·311
Silicium	2·732
Mangan	22·183

Keine andere Analyse zeigt einen so hohen Gehalt an Mangan, während der Kohlenstoffgehalt auffallend gering, der an Silicium auffallend hoch ist. Da Details fehlen, lässt sich ein Urtheil über die Zuverlässigkeit der Analyse nicht fällen.

III. Spiegeleisen von Jauerburg in Krain. Nach R. Richter in Leoben[1]):

	III.
Silicium	1·902
Mangan	7·578
Schwefel	0·073

Dieses Spiegeleisen wurde aus Frischfeuerschlacken dargestellt.

---

[1]) Wagner's Jahresber. 1857, S. 5. — [2]) Berg- und hüttenmännisches Jahresbuch, Wien 1862. 9, S. 294. — [3]) Op. cit., S. 295.

IV. Spiegeleisen von New Jersey in den Vereinigten Staat von Nordamerika. Nach T. H. Henry, mitgetheilt von E. F. Sa derson zu Sheffield. Das sehr charakteristische Spiegeleisen ist Franklinit[1]) erschmolzen.

	IV.
Kohlenstoff	6·900
Silicium	0·100
Mangan	11·500
Schwefel	0·137
Eisen (aus d. Differenz berechnet)	81·363
	100·000

Henry bemerkt hierzu, dass der Gehalt an Kohlenstoff und Mang ungewöhnlich gross und dass der erstere wohl zu hoch angegeben sei.

V. Ohne Localität. Riley theilt unter dem Namen Spathei (*spathose pig*) folgende Analyse ohne Namen der Hütte mit:

	V.
Silicium	0·090
Mangan	11·591
Schwefel	Spuren
Phosphor	0·153
Eisen	84·540
	96·374

Kohlenstoff wurde nicht bestimmt. Aus der Differenz berech müsste er 3·626 Proc. betragen.

VI. Deutsches Spiegeleisen. Eine sehr charakteristische Pr ohne Angabe der Hütte, von Tookey in Percy's Laboratorium analysi

	VI.
Kohlenstoff	4·770
Silicium	0·820
Mangan	11·120
Schwefel	Spuren
Phosphor	0·134
Kupfer	0·310

Auf Nickel und Kobalt wurde geprüft, aber keiner dieser Stoffe funden.

[1]) Siehe Abthl. I., S. 271.

B. Dem Spiegeleisen ähnliche Roheisensorten.

Strahliges Roheisen von Tow Law in Durham. Es wurde
Ofen von Attwood und Co. aus den unter Nr. 3 und 4, S. 294
nen Spatheisensteinen erzeugt, war glänzend weiss, deutlich
im Bruch, aber doch nicht gleich dem eigentlichen charakteristi-
iegeleisen. Namentlich zeigten die Flächen unter der Loupe
ge Structur, welche einigermaassen an die Erscheinung der Bruch-
ines zinkhaltigen Eisens erinnerte. Tookey fand in Percy's
rium:

	I.
Kohlenstoff	4·100
Silicium	0·230
Mangan	2·370
Schwefel	0·030
Phosphor	0·073
Kupfer	0·014

vurden zwei Siliciumbestimmungen gemacht. Die erste mit 6·56
Eisen ergab 0·54 Proc. Kieselsäure, die zweite mit 6·8 Gramm
56 Proc. Kieselsäure. Drei Manganbestimmungen ergaben 2·264,
2·36 Proc.

is IV. Als Parallele dazu mögen die folgenden drei Analysen
elche ebenfalls zu Tow Law erzeugtes Roheisen betreffen:

	II.	III.	IV.
nstoff	2·795	2·390	3·040
m	4·414	5·730	3·800
fel	0·039	0·119	0·058
hor	0·039	0·131	0·102
	Spuren	0·020	—
, mit Spuren von Kobalt	—	0·040	—
von Kupfer und Blei	—	—	—
n	1·837	1·330	3·300
	90·584	90·210	89·380
	99·768	99·970	99·680

II war ein aus zersetztem Spatheisenstein erblasenes graues
Nr. 1, welches sich besonders für den Bessemerprocess eignete,

Nr. III ein lichteres Roheisen, welches auch noch hierzu verwendet den konnte, während das bei Koks erblasene Roheisen Nr. IV nicht passte. Obwohl Percy weder den Grund angiebt, noch nähere Mitth gen macht, darf man wohl annehmen, dass die beiden ersten, wie es s bei Holzkohlen, erblasenen Roheisensorten wegen ihres hohen Sili und geringen Mangangehaltes mehr für den Bessemerprocess ge waren.

V. Luckiges Roheisen von Eisenerz in Steyermark. folgenden Analysen sind von Wistermann ausgeführt und beziehen auf ein grossluckiges Roheisen, welches zu Krumbach bei Reichena Frischfeuer durch die Schwallarbeit auf Schmiedeeisen zu Gute gen wurde [1]).

Das in 6 bis 8 Cent. dicke Gänze gegossene Roheisen zeigte g zend weisse Farbe und zahlreiche Hohlräume. Mit Ausnahme des M gangehalts ist es dem von Tow Law sehr ähnlich.

	V.	
	a.	b.
Kohlenstoff	3·79	3·83
Silicium	0·34	0·41
Schwefel	0·02	0·02
Phosphor	0·07	0·04
Mangan	1·06	0·98
Calcium	0·05	0·07
Magnesium	0·02	0·01
Eisen	94·57	94·68
	99·92	100·04

VI. Spiegeliges und strahliges Roheisen von Gleiwitz Oberschlesien.

	VI.	VII.
Kohlenstoff: Graphit	0·43	2·46
Kohlenstoff: Chem. gebunden	3·06	0·79
Silicium	1·29	2·05
Schwefel	0·10	0·12
Phosphor	0·95	1·36
Mangan	2·99 [2])	3·42

[1]) Jahresber., Lieb. u. K. 1853, S. 722. — [2]) Bei einer andern Prob weissstrahligem Roheisen 2·30 Proc.

Die Analysen sind vom Professor Finkener im Laboratorium der königl. Bergakademie zu Berlin ausgeführt worden. Nr. VI ist ein dem Spiegeleisen sehr ähnliches grossblätteriges, weisses Roheisen. Von dem charakteristischen Siegener Spiegeleisen unterscheidet es sich durch die körnige Beschaffenheit der im Uebrigen stark glänzenden Flächen. Nr. VII dagegen ist ein licht graues Roheisen. Beide werden mit Vorliebe von Puddelwerken zur Darstellung von Schmiedeisen gebraucht. Sie sind aus derselben Beschickung erblasen. Eine Koksgicht von 200 Kilogr. wurde beschickt mit

221	Kilo.	Brauneisenerz
66	„	Walzwerkschlacken
4	„	Abfalleisen
138·5	„	Kalkstein
429.5	Kilogr.	Erz und Zuschläge.

Die Pressung des Windes betrug 0·125 Kilogr. pro Quadratcentim., die Temperatur 250° C. Die Schlacke war von garerer Beschaffenheit, wenn das spiegelige Eisen fiel, als wenn gewöhnliches weissstrahliges erzeugt wurde. Bei höherem Gargange schied das Roheisen mehr oder weniger Graphit aus und ging in graues über.

C. Verschiedene Roheisenarten.

Die folgenden Roheisenarten sind nach den Erzen, aus denen sie erzeugt wurden, angeordnet.

1. Roheisen aus Magneteisenstein.

	I.	II.
Kohlenstoff	4·809	4·20
Silicium	0·176	0·08
Schwefel	Spur	Spur
Phosphor	0·122	0·05
Mangan	1·987	0·10
Eisen	92·906	95·57
	100·000	100·00

Nr. I ist bei Holzkohle zu Dannemora aus dortigem Magneteisenerz [1]) erzeugt. Es ist das Material zu dem bekannten Dannemora-Schmiedeisen (*Hoop L.*). Die Analyse ist von Henry gemacht.

[1]) Vergl. Abthl. I, S. 270.

Nr. II ist ein weissstrahliges, bereits etwas blätteriges Rohei der Structur Antimon gleichend), nur an der Oberfläche grau un körnig. Nur der weisse Theil wurde von Tookey in Percy's I torium analysirt. Das Material ist wahrscheinlich Magneteisenst wohl dies nicht ausdrücklich angegeben wurde.

2. Roheisen aus Rotheisenstein.

	I.	II.	III.	IV.
Kohlenstoff chem. gebunden	—	gering, indessen nicht bestimmt	gering, indessen nicht bestimmt	0·35
Kohlenstoff graphitisch	3·22	2·24	2·30	1·86
Silicium	3·02	2·77	2·72	2·63
Schwefel	—	0·01	0·05	0·10
Phosphor	0·06	0·05	0·05	0·03
Mangan	0·11	0·07	Spur	0·07
Arsenik	Spuren	sehr geringe Spuren	sehr geringe Spuren	sehr geringe Spuren
Kupfer	Spuren			

I, II, III und IV sind Giessereiroheisen von Whitehaven in berland (*Haematite Iron Company*), entsprechend den Nr. 1 bis 4 dortiger Scala. II und III stehen sich sowohl in der chemischen Z mensetzung, als auch nach den äusseren Charakteren sehr nahe.

Diese Analysen sind im Arsenal zu Woolwich von Abel ge und im „Blaubuch" unter den Experimenten mit Gusseisen ver licht[1]). Die Erze, aus denen diese Roheisensorten erzeugt worden bestehen aus:

Eisenoxyd	98·71
Manganoxyd	Spuren
Kalk	Spuren
Phosphorsäure	Spuren
Kieselsäure als Quarz	1·00
	99·71
Metallisches Eisen in Proc.	69·10

Das Brennmaterial bestand aus gleichen Theilen Koks von Ne und auf dem Werke dargestellten Koks. Die ersteren waren ha

[1]) 30. Juli 1858. Im Folgenden wird diese Quelle kurz mit A. W. Woolwich) bezeichnet werden.

ıd, enthielten 0·80 Proc. Schwefel und gaben 4·45 Proc. leichter, Asche, die aus kieselsaurer Thonerde mit Kalk, Eisenoxydul, Spuı Magnesia und Phosphorsäure bestand. Der zu Whitehaven pro- Koks war zerreiblicher als der Newcastler, enthielt 1·38 Proc. el und gab 12·16 Proc. Asche von ähnlicher Zusammensetzung wie leren, aber ohne nachweisbare Menge von Phosphorsäure.

er Zuschlag bestand aus einer Mischung von Whitehavener Kalk- nd schwarzem Schiefer aus dem Kohlengebirge, der aus Thon und r Substanz zusammengesetzt war, ohne nachweisbaren Gehalt an el. Der Kalkstein war feinkörnig, krystallinisch, hell bräunlich- r enthielt Versteinerungen von Terebratula. Seine Zusammen- war nach dem Trocknen bei 100° C. folgende:

Kohlensaurer Kalk	97·63
Kohlensaure Magnesia	1·03
Kohlensaures Eisenoxydul	0·24
„ Manganoxydul	0·11
Schwefelsaurer Kalk	0·07
Phosphorsaurer Kalk	Spur
Thonerde	0·10
Kieselsäure, hauptsächlich als Sand	0·76
Kohlige Substanz	0·06
	100·00

e wichtigste Eigenthümlichkeit der genannten Roheisensorten ist ıe Gehalt an Silicium. Nach den Seite 589 angegebenen Bedin- trägt zur Aufnahme von Silicium in Roheisen beim Hochofen- die Gegenwart freier Kieselsäure im Erze ohne hinreichende ı basischer Substanzen zu ihrer Neutralisation wesentlich bei. Nun war die Analyse der Erze durchaus diese Bedingung nicht an. er die Erze genauer kennt, weiss wohl, wieviel Quarz oft in gros- häufungen in dem dortigen Rotheisenstein vorkommt. Es ist dies veis, wie wenig sich hüttenmännische Verhältnisse nach der Ana- zelner ausgesuchter Proben beurtheilen lassen und wie nöthig es hem Urtheil stets Durchschnittsproben zu Grunde zu legen.

ıs Roheisen Nr. V ist von Henry analysirt. Es wurde als ein es Beispiel eines „sehr guten und festen, aber rothbrüchigen Eisens" net, was wohl bedeuten soll, dass sich ein solches Eisen daraus ı lässt. Es ist zu Cleator Moor in Cumberland aus dortigem enstein erzeugt.

	VI.
Graphit	2·83 Proc.
Silicium	0·59 „
Schwefel	0·03 „
Phosphor	0·10 „

Nr. VI (A. W.) ist eines der wenigen noch in England bei Ho len erzeugten Roheisen und stammt von den Newland-Oefen von H son, Ainslie u. Co. bei Ulverstone.

3. Roheisen aus Brauneisenstein.

	I.	II.	III.
Graphit	3·24	2·26	2·15
Silicium	1·80	4·25	1·18
Schwefel	0·04	0·06	0·12
Phosphor	0·19	0·07	0·19
Mangan	1·45	1·04	Spur

Nr. I, II und III (A. W.) sind Roheisen Nr. 1, 2 und 3 von Wea bei Durham, erzeugt aus den Erzen, deren Analysen Seite 294 m theilt sind. In Nr. I wurde eine sehr geringe Spur Blei gefunden.

Als Brennmaterial bei der Erzeugung dieser Roheisen diente harter und glänzender Koks mit 0·60 Proc. Schwefel und 5·16 Proc. r Asche, welche aus kieselsaurer Thonerde mit Eisenoxyd und etwas i bestand.

Als Zuschlag wurde ein schiefergrauer, krystallinischer Kalk mit Abdrücken fossiler Muscheln verwendet, welcher nach der Trockı bei 100° ergab:

Kohlensauren Kalk	95·55
Kohlensaure Magnesia	3·20
Kohlensaures Eisenoxydul	Spur
Phosphorsauren Kalk	0·12
Sand und Thon	0·90
Kohlige Substanz	0·23
	100·00

Abel lenkt die Aufmerksamkeit auf den hohen Siliciumgeh Nr. II, ohne indessen eine Erklärung zu versuchen.

	IV.	V.	VI.
Graphit	3·26	3·08	3·354
Silicium	2·34	2·18	1·802
Schwefel	0·04	0·06	0·230
Phosphor	0·14	0·14	0·126
Mangan	0·23	0·14	—

IV und V sind graues Roheisen Nr. 1, zur Darstellung von Schmied-
stimmt, ersteres zu Park-End-Hütte (*Forest of Dean*), letzteres zu
in Gloucestershire gemacht. Wahrscheinlich sind nur die unter
Seite 309, Abthl. 1 beschriebenen Erze als Material benutzt. Als
aterial diente Koks aus der Forest-of-Dean-Steinkohle, mit 0·90
hwefel und 8·2 Proc. Asche, welche aus Kieselsäure, Thonerde,
yd, Kalk und Magnesia bestand.

Zuschlag wurde gebrannter Schieferthon von rother Farbe mit
en von Farren verwendet. Derselbe besteht aus kieselsaurer
le mit Eisenoxyd und etwas Kalk und Magnesia.

. VI ist von Henry analysirt. Das Roheisen ist zu Cinderford
st of Dean producirt und gab ein gutes, festes, aber rothbrüchi-
miedeisen.

	VII.	VIII.
Kohlenstoff	2·891	4·406
Silicium	0·830	1·035
Schwefel	0·005	1·060
Phosphor	—	0·002
Kupfer	Spur	0·015
Aluminium	—	0·041
Calcium	—	0·016
Eisen	96·274	93·425
	100·000	100·000

. VII ist von Svanberg[1]) analysirt. Das Roheisen ist zu Ju-
ütte, Williamsburg, in den Vereinigten Staaten von Nordamerika
hracit aus einem löchrigen Brauneisenerz, dem Zersetzungspro-
ines Spatheisensteins[2]), erzeugt. Die Weite des Hochofens war
ter im Kohlensacke, die Production circa 60 000 Kil. pr. Woche.
. VIII ist gleichfalls von Svanberg analysirt. Das Roheisen
n den Hochöfen der Lehigh-Gesellschaft, und ist nach Lesley[3])
einlich aus Brauneisenstein erzeugt.

erzelius, Jahresber. 1846, S. 198. — [2]) Geology of Pennsylvania. State
Rogers, 1. p. 358. — [3]) The Iron Manufacturer's Guide to the Furnaces,
nd Rolling Mills of the United States. By J. P. Lesley. New-York
60.

4. Roheisen aus einer Mischung von Roth- und Brauneisenstein.

	I.
Graphit	3·15
Silicium	1·05
Schwefel	0·05
Phosphor	0·29
Mangan	1·14

Das Roheisen Nr. I (A. W.) ist von der Lays-Hütte bei Dudl
einer Beschickung von 25 Thln. Rotheisenstein von Ulverstone,
Brauneisenstein von Forest of Dean, 25 Thln. Brauneisenerz von
hall (?) und 15 Ctr. gerösteter Sphärosiderite erblasen. Als Bren
rial dienten gleiche Theile roher Steinkohle (*Thick-coal*-Flötz) un
von Derbyshire und Durham.

	II.	III.
Kohlenstoff	3·50	3·27
Silicium	0·84	0·67
Schwefel	0·02	0·01
Phosphor	0·19	0·28
Mangan	0·44	0·37
Eisen	94·85	95·70
	99·84	100·30

Nr. II und III sind Roheisensorten der Acadian-Gesellschaft i
Scotia, analysirt von Tookey. Die Erze waren schuppiger Rotl
stein und Brauneisenerz, das Brennmaterial Holzkohle. Im Manga
sich ein merklicher Gehalt an Kobalt nachweisen.

5. Roheisen aus kieseligem Brauneisenstein.

Die Analysen sind von T. H. Henry gemacht. Nr. I ist be
sem Winde zu Bilston erzeugt. Nr. II ist ein sehr schlechtes, be
sem Winde und Koks (1/3 aus Nord-Wales-, 2/3 aus Bilstonkohle)
ston erzeugtes Roheisen. Nr. III ist stark halbirtes, zu Heyfo
Weedon mit heissem Winde und mit gleichen Theilen Koks und
Kohle erzeugt. Nr. IV ist zu Wellingborough bei kaltem Win
mit roher Kohle von Yorkshire (ohne Koks) erzeugt.

	I.	II.	III.	IV.
stoff chemisch gebunden	1·440	0·554	0·800	1·400
graphitisch	0·610	1·150	0·754	0·304
. . . .	2·980	1·900	3·365	3·449
el	0·197	0·414	0·702	0·440
or	0·936	1·807	1·368	1·300
. . . .	1·096	0·395	0·298	Spur
. . . .	92·727	93·780	92·713	93·068
	99·986	100·00	100·000	99·961
ches Gewicht	7·022	—	6·973	7·078

n den Analysen von Nr. II und III ward der Eisengehalt durch nz, in Nr. I und IV durch übermangansaures Kali bestimmt. Nr. hält Spuren von Kupfer und Arsenik.

	V.	VI.	VII.
Graphit	2·85	2·10	2·64
Silicium	1·92	2·11	4·63
Schwefel	0·10	0·13	0·07
Phosphor	1·19	1·07	1·31
Mangan	0·24	0·08	Spur

r. V ist graues, Nr. VI halbirtes Roheisen von der East-End-Hütte ellingborough in Northamptonshire, bei kaltem Winde erblasen). Die Analyse des Erzes ist unter Nr. 5, S. 292, Abthl. I mit- t.

as Brennmaterial war rohe Kohle mit 0·65 Proc. Schwefel und Gehalt von 4·76 Proc. Asche, welche aus kieselsaurer Thonerde was Eisenoxyd und Spuren Kalk und Magnesia bestand. Bei einer robe gab es 76·36 Proc. Koks.

s wurden zwei Arten Zuschlag verwendet, ein hellgelber, thoniger ein von oolithischer Structur, und eine geringe Menge Kreide. Der ein war folgendermaassen zusammengesetzt:

Kohlensaurer Kalk	89·36
Kohlensaure Magnesia	0·97
Kohlensaures Eisenoxydul	3·38
Eisenschüssiger Thon und Sand	6·00
Organische Substanz	Spur
Wasser	0·43
	100·14

Die Kreide war von gewöhnlicher Qualität und bestand aus kohl saurem Kalk mit Spuren von Kieselsäure, Thonerde, Eisenoxyd und k lensaurer Magnesia.

Es wurden auf 1 Thl. Roheisen verbraucht:

Rohes Erz	2·9 Theile
Kohle von Barnsley	2·8 „
Thoniger Kalkstein	0·5 „
Kreide	0·1 „

Nr. VII (A. W.) ist ein Roheisen von der Heyford-Hütte bei Wee in Northamptonshire. Das zugehörige Erz ist unter Nr. 6, S. 293 getheilt.

Als Brennmaterial diente Koks aus der Kohle von Barnsley; Kohle enthält 0·65 Proc. Schwefel, der Koks 0·52 Proc.; letzterer 6·52 Proc. rothe Asche, welche aus kieselsaurer Thonerde mit Eisen und Spuren von Kalk und Magnesia besteht.

Als Zuschlag diente hell gefärbter Kalkstein, besonders aus der von Blisworth, der aus einem Agglomerat fossiler Muscheln besteht. der Trocknung bei 100°C. bestand er aus:

Kohlensaurem Kalk	96·86
Kohlensaurer Magnesia	0·90
Kohlensaurem Eisenoxydul	1·36
Unlöslichem, kieseligem Rückstand	0·88
	100·00

Die Gegenwart von reichlichen Mengen Silicium und Phosph leicht aus der Zusammensetzung des Erzes erklärlich.

6. Roheisen aus kieseligem Brauneisenstein, Puddel- Schweissofenschlacke.

Die folgenden beiden Roheisensorten werden als typische B einer schlechten Qualität angesehen. Die Analysen sind von T. H. gemacht.

Nr. I. Die Erzgicht bestand aus gleiche Gewichtstheilen hamptonshirer Erz, gerösteter Puddelschlacke (*tap-cinder*) und S

		I.	II.
Kohlenstoff	chemisch gebunden . . .	2·325	0·186
	graphitisch		2·450
Silicium		2·629	2·067
Schwefel		0·250	0·320
Phosphor		1·872	1·432
Mangan		1·838	0·720
Eisen		91·086	92·825
Aluminium		Spuren	Spuren
Arsenik		Spuren	Spuren

:hlacke (*flue-* oder *mill-furnace-cinder*). Nr. II. Die Erzgicht be- aus $^{14}/_{30}$ Northamptonshirer Erz und $^{16}/_{30}$ gerösteter Puddel- :ke [1]).

Das aus beiden Eisensorten dargestellte Stabeisen war sowohl roth- altbrüchig. Beide waren bei heissem Winde erzeugt und Nr. 4 Staffordshirer Scale, d. h. lichtgraues Frischereiroheisen.

7. Roheisen aus See- und Raseneisenerz.

Kohlenstoff	1·04
Silicium	4·77
Schwefel	0·01
Phosphor	0·89
Mangan	6·08
Aluminium	0·97
Calcium	1·37
Magnesium	0·43
Eisen	85·27
	100·83

Dies Roheisen war matt grau und feinkörnig im Bruche und fiel bei Reihe von Experimenten zu Finspong in Schweden (1857). Es n eiserne Formen abgestochen. Die Gicht bestand aus 230 Kilo. Mischung von See- und Raseneisenerz, 12·8 Kilo. Kalkstein, 75 Kilo. enholzkohle und 75 Kilo. englischen Koks (von Newcastle). Es bei kaltem Winde mit einer Pressung von circa 0·075 Kilo. pr. :atcent. erzeugt. Der hohe Gehalt an Aluminium, Calcium und Mag-

[1]) Vergl. Seite 573.

nesium macht die Zuverlässigkeit der Analyse, welche auf der Bergschule in Falun ausgeführt ist, ziemlich zweifelhaft.

Die mit dem Eisen fallende Schlacke enthielt:

Kieselsäure	48·42
Thonerde	7·56
Kalk	27·89
Magnesia	6·48
Eisenoxydul	4·39
Manganoxydul	6·37
Phosphorsäure	0·02
	101·13

8. Roheisen aus manganreichen Brauneisenerzen.

Um zu untersuchen, welcher Gehalt von Mangan aus manganhaltigen Brauneisenerzen in das Roheisen übergeführt werden könne, wurden Versuche mit manganreichen cornischen Brauneisensteinen und ebensolchen irischen Raseneisensteinen ausgeführt.

	I.	II.	III.
Kohlenstoff graphitisch	3·12	3·010	2·615
Kohlenstoff chemisch gebunden	0·310	1·020	0·074
Silicium	2·59	2·550	3·325
Schwefel	0·026	0·026	0·017
Phosphor	0·147	0·154	0·201
Nickel und Kobalt	0·060	0·110	—
Kupfer mit etwas Antimon	0·060	0·045	0·064
Titan	0·790	1·150	1·629
Mangan	5·850	6·370	8·087
Eisen	87·90	86·880	84·256
	100·853	100·315	100·268

Nr I und II sind graue Roheisensorten, mit einzelnen Partien sen Eisens von harter Beschaffenheit, erblasen aus 1/3 cornischem 1/3 Rotheisenstein, 1/3 irischem Raseneisenstein.

Nr. III ist ein sehr hartes, zum Theil glasglänzendes, nicht h genes, graues Roheisen, ein Gemisch von Roheisen Nr. 1, 3 und 4.

9. Roheisen aus Thoneisenstein der Steinkohlenformation.

Yorkshire.

	I.	II.	III.		IV.		
			a.	b.	a.	b.	c.
phit	2·99	2·90	3·32	2·98	2·80	3·14	2·84
cium	0·97	1·94	1·08	1·01	1·51	1·71	1·03
wefel	0·05	0·04	0·06	0·03	0·06	0·07	0·04
sphor	0·50	0·57	0·56	0·49	0·44	0·67	0·52

(A. W.) Nr. I ist graues, Nr. II dunkelgraues, Nr. III gemeines aues, Nr. IV lichtgraues Roheisen von Bowling-Hütte in Yorkshire. ses Eisen wird, wie das von Low Moor in Yorkshire, als das für die rstellung guten Schmiedeisens geeignetste in England gehalten.

	V.		VI.	VII.	VIII.
	a.	b.			
aphit	3·15	3·03	2·90	2·83	2·76
cium	2·54	2·53	2·57	2·17	1·80
wefel	0·06	0·07	0·05	0·05	0·04
osphor	0·52	0·53	0·64	0·55	0·55
ngan	1·14	0·85	1·12	1·00	0·61

(A. W.) Nr. V bis VIII sind graue, mit kaltem Winde erblasene heisensorten Nr. 1, 2, 3 und 4 von Beeston-Manor-Eisenhütte bei eds.

Derbyshire.

	I.	II.	III.	IV.
Graphit	3·35	2·74	2·71	2·60
Silicium	1·27	2·36	1·75	1·34
Schwefel	0·02	0·02	0·04	0·11
Phosphor	1·09	1·21	1·15	0·75
Mangan	1·01	1·06	0·95	0·40

(A. W.) Die Analysen entsprechen den Roheisensorten 1 bis 4 von den Butterley-Eisenwerken bei Alfreton in Derbyshire. Der Wind hatte 260 bis 315° C. Nr. I bis III sind aus Brown-Rake-Eisenstein, dessen Analysen sich Seite 295 unter 7 und 8 finden, erblasen. Der Blue-Rake-Eisenstein, aus welchem Nr. IV erzeugt ist, enthielt nach Abel 1·46 Proc. Phosphorsäure. Alle Erze wurden vor der Verschmelzung geröstet.

Als Brennmaterial diente rohe Kohle mit 0·52 Proc. Schwefel und 2·97 Proc. Asche.

	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.
Graphit	2·31	2·40	2·60	2·74	2·57
Silicium	2·23	1·50	1·26	1·41	1·53
Schwefel	0·02	0·06	0·05	0·03	0·05
Phosphor	0·72	0·34	0·72	0·95	0·70
Mangan	0·88	0·60	0·45	0·89	0·94

(A. W.). Nr. V bis VII sind Giessereiroheisen Nr. 1 bis 3, Nr. VIII und Nr. IX graues Frischereiroheisen. Alle diese Sorten sind zu West-Hallam-Eisenhütte bei Ilkeston in Derbyshire bei heissem Winde von 260 bis 315° C. aus gerösteten Thoneisensteinen erzeugt. Als Brennmaterial diente 1/3 rohe, 2/3 verkokte Kohle, als Zuschlag Kohlenkalkstein.

Süd-Staffordshire.

	I.	II.	III.	IV.	V.
Graphit	3·07	3·04	3·12	3·03	2·81
Silicium	1·48	1·27	1·16	0·83	0·57
Schwefel	0·03	0·04	0·05	0·04	0·06
Phosphor	0·43	0·34	0·44	0·31	0·29
Mangan	0·96	0·80	0·94	0·27	0·13

(A. W.). Nr. I und II sind zur Giesserei, Nr. III bis V zum Puddeln verwendete Roheisensorten aus Netherton-Hütte bei Dudley, bei kaltem Winde erblasen. Die Analysen der Erze finden sich S. 297 u. 298 als Nr. 18 a, 18 b, 19 a, 22 a, 23 a u. b.

Als Brennmaterial diente rohe Kohle (*Thick-coal*) mit 0·3 Proc. Schwefel und 4·18 Proc. röthlicher Asche aus kieselsaurer Thonerde, mit Eisenoxyd, Kalk und Spuren Magnesia bestehend. Als Zuschlag diente hell-

färbter krystallinischer silurischer Kalkstein von Dudley, der nach der ocknung bei 100° C. enthielt:

Kohlensauren Kalk	97·31
Kohlensaure Magnesia	1·00
Kohlensaures Eisenoxydul	0·62
Thon und Sand	1·27
Organische Substanz und Wasser	0·20
	100·40

Die folgenden Analysen VI bis IX, welche wie die vorhergehenden Arsenal zu Woolwich gemacht worden sind, beziehen sich auf meh-e bei kaltem Winde unter gleichen Verhältnissen erzeugte Roheisen-ten grauer Beschaffenheit.

	VI.	VII.	VIII.	IX.
Graphit	2·86	2·97	2·93	2·64
Silicium	1·06	1·57	1·66	1·02
Schwefel	0·08	0·07	0·04	0·08
Phosphor	0·42	0·42	0·34	0·45

Die nun folgenden drei Analysen betreffen ein graues, bei kaltem inde zu Parkhead bei Dudley erblasenes Roheisen, jedoch ist nur Nr. I das ursprüngliche Roheisen, während X und XI ungeschmolzene Pro-n sind, welche zu Festigkeitsversuchen dienten.

	X.	XI.	XII.
Graphit	2·89	2·90	3·00
Silicium	0·96	1·63	1·21
Schwefel	0·06	0·03	0·10
Phosphor	0·58	0·55	0·48
Mangan	0·55	0·95	0·86

Die Erzgicht bestand aus $^2/_3$ Bottomstone- und Binds-Eisenstein, $^1/_3$ ıbbin- und Rubble-Eisenstein, aus denen einzelne Bestandtheile von bel bestimmt wurden, nämlich:

	[illegible]	[illegible]	Gubbin.	Rubble
	Procent		Procent	
Metallisches Eisen	57·14	54·43	59·57	47·33
Phosphorsäure	0·73	0·67	0·82	0·32
Geglühter unlöslicher Rückstand	13·42	12·18	12·50	24·30

Als Brennmaterial dienten rohe Kohle und Koks, erstere mit 0·4 Proc. Schwefel und 3·7? Proc. Asche, bestehend aus kieselsaurer Thonerde mit Eisenoxyd und sehr wenig Kalk und Magnesia, letztere mit 0·51 Proc. Schwefel und 4·5? Proc. Asche ähnlicher Zusammensetzung.

Als Zuschlag diente silurischer Kalkstein von Dudley, der bei 100°C. getrocknet folgende Zusammensetzung zeigte:

Kohlensaurer Kalk	97·10
Kohlensaure Magnesia	0·85
Kohlensaures Eisenoxydul	0·[illegible]
Sand und Thon	1·15
Wasser und Verlust	0·30
	100·00

Die folgenden, ebenfalls im Arsenal zu Woolwich gemachten Analysen XIII bis XVIII stellen die Zusammensetzung eines grauen Eisens der Park[illegible]-Hütte dar.

	XIII.	XIV.	XV.	XVI.	XVII.	XVIII.
Graphit	2·83	2·85	3·33	3·31	3·11	[illegible]
Silicium	1·19	0·96	1·18	1·22	1·33	1·13
Schwefel	0·08	0·08	0·05	0·05	0·07	0·06
Phosphor	0·55	0·51	0·48	0·49	0·58	[illegible]

Bei heissem Winde erblasen ist Nr. XIX (a. f. S.), zeigt aber ebenso wie Nr. XX, welches bei kaltem Winde erblasen war, nur die Zusammensetzung umgeschmolzener Proben.

Nr. XIX wie Nr. XX (A. W.) sind auf der Level-Hütte bei Brierley-Hill erblasen. Ersteres giebt den Durchschnitt von 4, letzteres von 5 Gänzen. Die Erzgicht bestand aus rohen Erzen (Gubbin- und White-stone), welche nach Abel enthielten:

	Gubbin	Whitestone
Metallisches Eisen	41·67	37·93
Phosphorsäure	0·83	1·18
Schwefel	nicht zu bestimmen	Spur
Geglühter unlöslicher Rückstand	4·80	9·30

Als Brennmaterial diente Koks mit 0·5 Proc. Schwefel und 2·66 Proc. einer rothen, aus kieselsaurer Thonerde mit Eisenoxyd und Spuren von Kalk und Magnesia bestehenden Asche. Die rohe Kohle soll 0·87 Proc.

	XIX.	XX.
Graphit	2·61	2·56
Silicium	1·40	1·75
Schwefel	0·04	0·05
Phosphor	0·72	0·63
Mangan	0·49	0·06

Schwefel enthalten und 3·40 Proc. Asche geben, doch ist es unmöglich, dass die Kohle mehr Asche enthalten kann, als der daraus dargestellte Koks. Als Zuschlag diente Kalkstein mit 0·70 Proc. kohlensaurer Magnesia.

	XXI.	XXII.	XXIII.	XXIV.
Kohlenstoff chemisch gebunden	—	—	—	0·25
Kohlenstoff graphitisch	3·06	2·69	2·76	2·55
Silicium	3·48	2·24	1·75	1·36
Schwefel	0·03	0·04	0·07	0·11
Phosphor	0·38	0·63	0·55	0·41
Mangan	0·30	0·34	Spur	0·54

(A. W.) Nr. XXI bis XXIV sind graues Roheisen Nr. 2, 3, 4 und 5 von Old-Hill-Hütte bei Dudley, erblasen aus Thoneisenstein mit einem geringen Zusatz von Ulverstoner Rotheisenstein bei roher Kohle, welche

0·51 Proc. Schwefel enthielt und 4·83 Proc. Asche (kieselsaure Thonerde, mit Eisenoxyd und etwas Kalk) ergab.

Der Zuschlag war hell gefärbter krystallinischer Kalkstein von Springfield, welcher nach dem Trocknen bei 100° C. enthielt:

Kohlensauren Kalk	88·85
Kohlensaure Magnesia	2·03
Kohlensaures Eisenoxydul	1·21
Kohlensaures Manganoxydul	Spuren
Phosphorsauren Kalk mit 0·12 Phosphorsäure	0·26
Quarz mit etwas Thon	8·15
Organische Substanz	Spuren
	100·50

	XXV.	XXVI.	XXVII.	XXVIII.	XXIX.	XXX.
Graphit	2·72	2·87	3·05	2·85	3·34	3·21
Silicium	1·25	1·16	1·60	1·33	1·18	1·54
Schwefel	0·08	0·08	0·09	0·09	0·07	0·07
Phosphor	0·36	—	0·30	0·41	0·55	0·23

(A. W.) Nr. XXV bis XXX sind graue Roheisensorten von Lever-Hütte bei Dudley, Nr. XXIX ist bei warmem, Nr. XXX bei kaltem Winde erzeugt.

Nord-Staffordshire.

Graphit	2·54
Silicium	2·71
Schwefel	0·04
Phosphor	1·07
Mangan	0·98

(A. W.) Das Roheisen ist zu Goldendale-Hütte bei Stoke am Trent aus Eisenerzen hergestellt, deren Analyse S. 301. Abthl. I unter Nr. 49 mitgetheilt ist. Es wurde mit Kohle von Nord-Wales und bei einem Zuschlag von Kalkstein von Froghall hergestellt. Der letztere hatte folgende Zusammensetzung nach der Trocknung bei 100° C.:

Kohlensaurer Kalk	97·89
Kohlensaure Magnesia	0·87
Kohlensaures Eisenoxydul	0·48
Kohlensaures Manganoxydul	Spuren
Phosphorsaurer Kalk	Spuren
Kieselsand	0·63
	99·87

Süd-Wales.

	I.	II.	III.	IV.
…stoff chemisch gebunden	0·04	2·95	2·84	3·08
…stoff graphitisch	3·10			
…	2·16	1·96	1·21	2·22
…el	0·11	0·28	0·46	0·09
…or	0·63	0·63	0·64	0·63
…	0·50	0·23	0·14	0·33
…und Kobalt	0·05	0·04	0·03	0·07
…	94·56	95·39	95·10	94·31
	101·15	101·48	100·42	100·77

…ie Analysen sind von Riley gemacht. Das Roheisen ist ganz aus …siderit erzeugt. Nr. I ist das beste bei kaltem Winde erblasene …en, Nr. II halbirtes Roheisen und Nr. III weisses Roheisen, beide …lls bei kaltem Winde erblasen. Nr. IV wurde theils bei kaltem, …bei heissem Winde erzeugt, d. h. eine Form wurde mit ersterem, …ormen mit letzterem versorgt.

	V.	VI.	VII.	VIII.
Graphit	2·82	3·40	2·64	2·88
Silicium	0·81	1·36	1·68	1·09
Schwefel	0·06	0·07	0·08	0·08
Phosphor	0·38	0·29	0·27	0·38
Mangan	0·53	0·28	0·66	0·66

…. W.) Alle diese Roheisen V bis VIII sind bei kaltem Winde zu …von in Monmouthshire erblasen. Die Analysen der Eisensteine,

aus denen dieselben erzeugt wurden, sind Abthl. I, S. 302 und 303 u
Nr. 59 mitgetheilt.

Alles Erz war geröstet. Das Brennmaterial bestand in Koks, w
cher 0·74 Proc. Schwefel enthielt und 5·35 Proc. Asche (kieselsaure Th
erde, mit Eisenoxyd und etwas Kalk) gab. Es wurden zwei Arten Ka
stein gebraucht, welche als „rauher" und „glatter" unterschieden werd
Ersterer ist hellbraun, grobkrystallinisch, mit zahlreichen Fossilien, le
terer hell und oolithischer Structur. Bei 100° getrocknet zeigten di
Kalksteine folgende Zusammensetzung:

	Rauher	Glatter
	Kalkstein	
Kohlensaurer Kalk	98·55	99·26
Kohlensaure Magnesia	0·54	0·63
Kohlensaures Eisenoxydul	0·50	0·33
Phosphorsaurer Kalk	0·03	0·02
Kieselsand	0·73	0·27
	100·35	100·51

Die folgenden Analysen IX bis XI von grauem, zu Blaenavo
kaltem Winde erblasenem Roheisen sind ebenfalls im Arsenal zu W
wich gemacht worden.

	Procent		
	IX.	X.	XI.
Graphit	—	3·06	3·19
Silicium	1·50	1·25	1·71
Schwefel	0·06	0·07	0·04
Phosphor	0·32	0·28	0·33

Von demselben Werke stammen die folgenden Roheisensorten
und XIII (s. f. S.):

Beide repräsentiren die beste Qualität weissen Frischereirohe
von Süd-Wales. Nr. XII ist in Eisenschale, Nr. XIII in Sand geg
und ihre Analyse ward angestellt, um zu untersuchen, ob die Ar
Gussbettes einen Unterschied in der chemischen Zusammensetzung
vorbrächte. Ausser Sphärosiderit wurde Rotheisenstein und Sc
verschmolzen. Das Roheisen giebt gute Schienen und Grobeisen.

	XII.	XIII.
Kohlenstoff	2·25	2·37
Silicium	1·14	1·09
Schwefel	0·77	0·73
Phosphor	0·82	0·76
Mangan	0·17	0·22
Eisen	95·87	95·58
	101·02	100·75

(A. W.). Nr. XIV bis XVI sind Roheisensorten, welche bei kaltem e zu Pontypool in Monmouthshire erblasen wurden. Als Erz diente teter Sphärosiderit mit 56·83 Proc. Eisengehalt, 0·73 Proc. Phosäure und 9·60 Proc. geglühten unlöslichen Rückstandes.

	XIV.	XV.	XVI.
Graphit	2·42	2·53	2·68
Silicium	1·46	1·23	1·35
Schwefel	0·12	0·08	0·09
Phosphor	0·32	0·46	0·50
Mangan	0·42	0·42	0·45

Das Brennmaterial bestand in Koks, welcher 0·76 Proc. Schwefel lt und 12·15 Proc. Asche (hauptsächlich in Kalk, aber auch in Sand, und Eisenoxyd in geringen Mengen bestehend) gab.

	XVII.	XVIII.	XIX.	XX.	XXI.	XXII.
t	3·27	2·92	2·61	3·17	2·55	3·16
n	1·87	1·73	1·71	1·58	2·07	1·55
el	0·05	0·06	0·05	0·05	0·09	0·06
or	0·41	0·29	0·38	0·42	0·38	0·27
n	0·27	0·39	0·27	0·32	0·14	0·43

Die Eisensorten Nr. XVII bis XXII wurden bei heissem Winde zu 'era bei Swansea erzeugt. Nr. XX, XXI und XXII sind die ur-

springfischen Roheisen Nr. 1, 2 und 3, Nr. XVII, XVIII und II
aus jenen durch Umschmelzen erzeugten Gusseisensorten. Das Er
Spatheisenstein der Steinkohlenformation und Rotheisenstein (Glaskopf
Ulverstone. Letzterer enthielt nur geringe Verunreinigungen von
ganoxyd und Kieselsäure, keinen Schwefel und nur eine Spur Phos
säure. Die Spatheisenerze sind unter 71 und 72, S. 320, Abthl. I
schrieben. Als Brennmaterial diente Anthracit, welcher 0·7
Schwefel enthielt und 9·14 Proc. einer weissen Asche (kieselsäure I
sowie mit etwas Kalk und eine Spur Eisenoxyd) gab.

Als Zuschlag diente hell gefärbter, krystallinischer Kalkstein,
der nach dem Trocknen bei 100° C. enthielt:

Kohlensaurer Kalk	99·49
Kohlensaures Eisenoxydul	0·13
Kohlensaures Manganoxydul	0·07
Phosphorsaurer Kalk	Spuren
Thonerde	Spuren
Kieselerde	0·28
Kohlige Substanz	Spuren
	100·00

Dagegen waren weder Magnesia noch Schwefelverbindungen i
Kalkstein enthalten.

1). Roheisen aus körnigen Spatheisenstein.

	I.	II.
Graphit	3·44	3·04
Silicium	1·13	2·73
Schwefel	0·03	0·04
Phosphor	1·24	1·30
Mangan	0·43	0·38

Diese beiden Roheisensorten (A. W.) stellen ein Giessereiroheisen
dar, erzeugt zu South-Bank-Hütte bei Middlesborough-on-Tees. Nr. I
mit einem nach Calvert's Salzprocess hergestellten Koks, Nr. II m
wöhnlichem Koks erzeugt. Die Erzanalyse findet sich S. 305, Ab
unter Nr. 2.

Als Brennmaterial diente harter, glänzender Koks. In dems
fanden sich kleine Knollen von Schwefeleisen, die aus Schwefelkies
standen waren. Eine Durchschnittsprobe gab 1·05 Proc. Schwefel

Proc. hellrothe Asche, die aus kieselsaurer Thonerde und Eisenoxyd, leinen Mengen Kalk und Magnesia bestand, aber keine bestimm- Mengen von Phosphorsäure enthielt. Der hohe Gehalt an Schwe- richt sicherlich nicht zu Gunsten des Calvert'schen Processes.

Als Zuschlag wurde ein dunkelgrauer, krystallinischer Kalkstein an- ıdet, dessen Zusammensetzung die folgende Analyse zeigt:

Kohlensaurer Kalk	83·65
Kohlensaure Magnesia	13·43
Kohlensaures Eisenoxydul	1·71
Kohlensaures Manganoxydul	Spuren
Phosphorsaurer Kalk	Spuren
Sand und Thon	0·64
Kohlige Substanz	0·39
Wasser und Verlust	0·18
	100·00

	Procent	
	III.	IV.
Graphit	3·35	3·31
Silicium	1·57	1·43
Schwefel	0·04	0·03
Phosphor	1·38	1·36
Mangan	0·07	0·06

Nr. III ist ein graues Roheisen Nr. 1, Nr. IV ein solches Nr. 3, er- zu Stockton-on-Tees aus Cleveland-Eisenstein und etwas Rotheisen- bei heissem Winde.

Das Erz (von Belmont-Grube) ist S. 305, Abthl. I, unter Nr. 3 be- ben.

Als Brennmaterial diente Koks mit 0·91 Proc. Schwefel, der 7·90 Asche gab. Die letztere bestand aus gebranntem Schieferthon und Sand und enthielt daher Kieselsäure, Thonerde, Eisenoxyd und Kalk.

Der Zuschlag bestand in einem dunkelgrauen, krystallinischen Kalk- von Broadwood, der nach der Trocknung bei 100° C. enthielt:

	a.	b.
Eisen	92·240	92·150
Kohlenstoff: Graphit	0·850	1·100
Kohlenstoff: chemisch gebunden	1·723	1·480
Silicium	3·972	3·984
Schwefel	0·355	0·375
Phosphor	0·732	0·731
Mangan	0·216	0·234

Snelus knüpft hieran die Ansicht, dass die Ausscheidung von G phit im grauen Roheisen nicht eine directe Folge der höheren Temp tur bei der Erzeugung, sondern durch die verhältnissmässig grössere v handene Menge von Silicium bedingt sei. Wenn sich auch diese Ansi als richtig beweist, so wird dadurch in Bezug auf das über den H ofenprocess Erläuterte nichts geändert. Denn die Bedingungen zur zeugung eines siliciumreichen Roheisens fallen im Wesentlichen mit de zur Erzeugung eines grauen Roheisens zusammen.

Schwieriger zu erklären ist das entgegengesetzte Verhältniss, welchem das Roheisen eine graue Schale und einen weissen Kern entl Diese Erscheinung findet sich öfters zu Rothehütte am Harze, und Bergakademie zu Berlin besitzt vorzügliche Proben davon. Es liegt n zu glauben, dass durch Oxydation an der Oberfläche dem Roheisen M gan entzogen und es dadurch zum Grauwerden disponirt worden sei. a Analysen haben dies nicht bestätigt. Sie zeigten:

	a.	b.
Silicium	2·78	2·80
Phosphor	0·64	0·66
Mangan	0·22	0·21
Graphit	2·26	0·58

a ist die graue Schlacke, *b* der weisse Kern. Glüht man das wei Eisen, so wird es grau und zeigt dieselbe Beschaffenheit wie das wei Eisen. Hiernach darf man annehmen, dass zwei in Folge von Tem raturdifferenzen nur physikalisch verschiedene Eisensorten aus dem O in die Form geflossen sind, ohne sich zu mischen [1]).

[1]) Vergl. Seite 737, wo gezeigt ist, wie oft derselbe Abstich verschiedene Ei n liefert.

Wanzen.

Auf der Oberfläche des noch flüssigen Roheisens zeigen sich oft heibenartige dunkle Aussonderungen, welche nach dem Erstarren als ättchen oder flache Blasen aus der Oberfläche hervortreten und Wann genannt werden. Die Erscheinung tritt besonders an halbirten sensorten auf.

Die sich auf dem Roheisen zu Concordiahütte bei Sayn ausscheinden Wanzen hat Jordan untersucht[1]).

Derselbe beschreibt den Vorgang folgendermaassen: „Die Ausscheing tritt nur bei garem Gange des Hochofens ein und geschieht in r Weise, dass auf den Masseln, so lange sie noch flüssig sind, dunkele ecken entstehen und herumschwimmen; wenn man dann nach dem Erlten die dünne Haut von Glühspan, welche die Masseln überzogen hat, fdeckt, so sieht man auf der Rückseite des Glühspanes, entsprechend m Auftreten jener dunkeln Flecken, eine Menge von Blasen, welche n schwarzer, schlackenartiger Masse gebildet und von lichter gefärbtem lühspane umschlossen werden. Die Quantität und Grösse dieser Blasen echselt sehr. Treten sie vereinzelt auf, so haben sie gewöhnlich einen össeren Durchmesser (bis zu 13 Millim.), als wenn sie massenhaft erheinen; sie gewinnen im letzteren Falle das Aussehen der sogenannten haumstellen bei dem Gusseisen und bestehen aus einer zusammenhännden Menge kleiner Löcher."

Die Analyse ergab:

Kieselsäure	30·070
Eisenoxydul	35·950
Eisen (an Schwefel gebunden)	3·033
Thonerde	3·316
Manganoxydul	24·565
Kalkerde	1·561
Magnesia	0·174
Schwefel	1·733
	100·402

Es scheint hiernach diese Ausscheidung eine Folge der Einwirkung s atmosphärischen Sauerstoffs auf das manganhaltige Roheisen zu sein, durch sich ein Mangan-Eisenoxydul-Silicat bildet.

[1]) Zeitschr. f. Berg-, Hütten- u. Sal.-Wes., Bd. XIII., S. 92.



nämlich Kohlenstoff (als Graphit und in chemischer Ve
Phosphor, Schwefel, Mangan und Kupfer kennen zu l

Das Roheisen muss für die meisten Analysen ir
stande angewendet werden. Die Zerkleinerung geschie
Zerschlagen im Mörser. Graues Roheisen ist oft zu :
bohrt oder gefeilt werden. Es ist dann nöthig, gu
mente anzuwenden und Acht zu geben, dass von de
bricht und in die Probesubstanz kommt.

Die Roheisenstücke müssen frei von Schlacke sei
nicht durch eine mechanische Trennung unter der L
wird die Analyse sehr schwierig. Man muss dann d
silberchlorid lösen, den Rückstand auswaschen, das
durch überschüssiges Cyankalium zersetzen und das
silber möglichst vom Rückstand trennen. Nach dem
man die Kohle, löst die Kieselsäure und glüht den l
Wasserstoffgas, dann in Chlorgas. Nach dem Ausziel
Kochen mit kohlensaurem Natron bleibt dann die S
Auch kann man das Eisen in ganz verdünnter Chlor
dem galvanischen Strome lösen und den Rückstand
deln [1]).

Eggertz hat für denselben Zweck die Anwendu
Bromlösung oder neutrales Kupferchlorid vorgesc

Kohlenstoff.

Die Untersuchung des Roheisens richtet sich in

es wünschenswerth, die Menge des Kohlenstoffgehaltes zu bestimmen, welche durch eine Umschmelzarbeit verloren gegangen ist.

Aus diesem Grunde ist man schon seit lange bemüht gewesen, Verfahrungsweisen aufzufinden, welche, wenn auch selbst auf Kosten der Genauigkeit innerhalb gewisser, aber bekannter Grenzen, zur Bestimmung des Kohlenstoffs in möglichst geringer Zeit geeignet sind. Diese Art der Analysen bezeichnet man als Proben.

1. Proben.

Colorimetrische Probe.

Die Colorimetrische Probe stammt vom Professor Eggertz in Falun [1]). Mit derselben lässt sich nur der chemisch gebundene Kohlenstoff bestimmen. Man kann sie daher nur für weisses Roheisen anwenden, oder muss im grauen den Graphitgehalt besonders ermitteln.

Man stellt sich zuvörderst eine in einem kalibrirten Gläschen aufzubewahrende Normallösung von bekanntem Kohlenstoffgehalte dar. Der Regel nach macht man deren Stärke so, dass 1 Cubikcentimeter 0·0001 Gramm Kohlenstoff enthält. Sie wird aus einem 0·5 Proc. Kohlenstoff haltendem Stahle erzeugt. Da sich eine solche Lösung indessen in der Farbe nicht constant erhält, ersetzt man sie durch eine empirisch gemachte Lösung von gebranntem Zucker. Der schwachgebrannte Zucker wird zu diesem Zwecke in Alkohol gelöst und die Lösung darauf verdünnt. Statt derselben ist auch eine durch Einwirkung des Sonnenlichts zersetzte Lösung von Indig-Schwefelsäure oder eine Mischung von salpetersaurem Kobaltoxydul und zweifach chromsaurem Kali vorgeschlagen worden. Zweckmässiger ist es aber, abgewogene Mengen eines Eisens von bekanntem Kohlenstoffgehalt (Stahl) vorräthig zu halten und gleichzeitig mit jeder Probe eine entsprechende Menge davon zu lösen.

Das Verfahren ist nun folgendes: 0·1 Gramm Eisenspähne, durch Feilen oder Bohren erzeugt und durch ein enges Sieb (mit 0·4 Millimeter weiten Oeffnungen) von gröberen Stücken befreit, wird in einem kleinen Probirgläschen (von 0·1 bis 0·12 Meter Höhe und 0·01 bis 0·012 Meter Weite) in $1^1/_2$ bis 5 Cubikcent. chlorfreier Salpetersäure von 1·2 specif. Gew., welche vor dem Eisen eingefüllt ist, im Wasserbade erwärmt. Die Temperatur muss möglichst constant 80° C. sein und darf niemals bis zum Kochen steigen. Ist die Gasentwicklung vorbei, was in 2 bis 3 Stunden [2]) der Fall ist, so wird abgekühlt und die braun gefärbte Flüssigkeit in eine unten geschlossene und vom Boden aus kalibrirte Bürette von dem Kaliber des Probeglases geschüttet und darin bis zu der Fär-

[1]) Om Kemisk Profning af Jern, Jernmalmer och Brännmaterialier af V. Eggertz, Professor vid Bergskolan. Falun 1871. — [2]) Es ist nöthig, um gleiche Resultate zu erhalten, stets dieselben Kochzeiten anzuwenden, welche für die Erzeugung der Normallösung benutzt wurden.

bung der Normalflüssigkeit mit Wasser verdünnt. Ist die Färbung gleich, so liest man die Zahl der Cubikcentimeter ab, von denen jeder 0·1 Proc. Kohlenstoff entspricht.

Das Gelingen der Probe, welche bei einiger Uebung für Eisen mit geringem Kohlenstoffgehalte sehr genaue Resultate giebt, ist wesentlich von der Anwendung stets gleicher Verhältnisse (Säuremenge, Concentration derselben etc.) abhängig. Nach Eggertz sollen für ein Eisen von weniger als 0·5 Proc. Kohlenstoff 1·5 Cubikcent.; für ein Eisen mit höherem Kohlenstoffgehalt 5 Cubikcent. Salpetersäure benutzt werden. Beträgt die Menge des chemisch gebundenen Kohlenstoffs mehr als 0·5 Proc., so ist die Eisenlösung so concentrirt, dass sie einen schwach grünlichen Ton besitzt, wodurch ihre Vergleichung mit der Normalflüssigkeit schwierig wird; in diesem Falle bereitet man sich eine Normallösung von dreifacher Verdünnung, so dass 1 Cubikcent. nur 0·000033 Gramm Kohlenstoff entspricht. Bei sehr hoch kohlenstoffhaltigem Eisen, z. B. Spiegeleisen, darf man nur 0·05 Gramm anwenden.

Gut geeignet ist die Eggertz'sche Probe immer nur für Schmiedeisen und Stahl; für Roheisen hängt ihre Anwendbarkeit zu sehr von der Arbeit mit stets ähnlich beschaffenen Sorten ab.

Sind sehr viele derartige Proben zu machen, so empfiehlt es sich auch, eine Scala von Normalflüssigkeiten verschiedenen Kohlenstoffgehalts vorzurichten, in welche dann die zu untersuchende Flüssigkeit eingereiht werden kann, so dass man nach der Verdünnung auf ein bestimmtes Volumen, z. B. 3 Cubikcent., ohne Weiteres den Gehalt ablesen kann.

Hermann in London [1]) hat auf die Verschiedenheit der Farbentöne aufmerksam gemacht, die je nach der Stärke der Verdünnung eintreten und bald ins Grünliche, bald ins Röthliche spielen. Er schlägt daher vor, bekannte Mengen verschiedener Stahlsorten mit bekanntem verschiedenen Kohlenstoffgehalt aufzulösen und jede dieser Lösungen auf die Normalstärke zu verdünnen. Die so erhaltenen aber nicht constanten Lösungen werden durch haltbare Lösungen der oben angegebenen Art ersetzt.

Jodprobe.

Wird weisses Roheisen in Jod gelöst, so bleibt Kohlenstoff, Silicium etc. zurück. Eggertz fand, dass dieser Rückstand aus vielen Arten weissen Roheisens (sowie gehärteten Stahls) gleichmässig in der Zusammensetzung sei und 59 Proc. Kohlenstoff im Durchschnitt enthalte.

Ein Theil eines solchen Rückstandes von weissem, graphitfreiem Roheisen ist von Ekman analysirt und nach Abzug der Kieselsäure von folgender Zusammensetzung gefunden worden:

---

[1]) Vergl. Dingler's polyt. Journ. Bd. 199, S. 218.

Kohlenstoff	59·69
Jod	16·07
Wasser	22·50
Stickstoff	0·13
Schwefel	0·23
Verlust	1·38
	100·00

ie Kohlenstoffmenge von vier Versuchen variirt um 0·5 Proc. Das tniss des Kohlenstoffs im Rückstande kann daher besser zu 60 Proc. mmen werden. Es erfolgt keine Veränderung des Gewichts bei rhitzung von 95 bis 110° C.; bei 150° verliert es 9 Proc., bei 240° 3 Proc. Der Process wird folgendermaassen ausgeführt: 1 Grm. welches durch ein Sieb mit Maschen von 0·4 Millimeter Durchgeht, wird in kleinen Mengen zu 5 Grm. Jod und 5 Cubikcent. gefügt, welches sich in einem mit Uhrglas zugedeckten Becherbefindet und in Eiswasser gekühlt ist. Die Flüssigkeit wird 24 n auf einer Temperatur von 0° C. erhalten; während der ersten 6 n muss sorgfältig mit einem Glasstabe gerührt werden, später selunter dieser Vorsicht ist es möglich, den Process ohne die geringrflüchtigung von Kohlenwasserstoff auszuführen. Der unlösliche and von Kohlenstoff, Kieselsäure etc. wird auf einem gewogenen gesammelt und mit heissem Wasser ausgewaschen, bis er weiss ge- oder das Filtrat frei von Eisen ist; auch kann der Rückstand mit Mischung von 2 Thln. Wasser und 1 Thl. Chlorwasserstoffsäure von 80° C. und schliesslich mit reinem Wasser ausgewaschen werden. n und Rückstand werden bei 95 bis 100° C. getrocknet, bis das t constant bleibt. Sie werden dann geglüht und das Gewicht von äure etc. abgezogen. Der Glühverlust stellt den Betrag des kohlen Rückstandes mit 60 Proc. Kohlenstoff dar und aus ihm kann also Rechnung letzterer gefunden werden. Ist auch Graphit zugegen, s dieser auf eine andere Methode bestimmt und sein Gewicht von es kohlehaltigen Rückstandes abgezogen werden. Enthält z. B. ein es Roheisen 1·25 Proc. Graphit, und erhält man bei der Behandit Jod 5·5 Proc. kohlehaltigen Rückstand, so ist 5·5 — 1·25 der c. Kohlenstoff haltende Rückstand, der Gehalt an chemisch gebun- Kohlenstoff im Roheisen also 2·55 Proc.

Elektrolytische Probe.

iese von Weyl angegebene Probe wird zur Bestimmung des gen Kohlenstoffs benutzt und beruht auf der Lösung des Eisens vert eines elektrischen Stromes. Der Vortheil liegt wesentlich in öglichkeit, ein grösseres Stück Eisen (ein Bruchstück von 25 bis

[illegible]

Je reicher an Kohlenstoff das Roheisen ist, um so genauer w[illegible] Proce[illegible] sehr graphithaltiges Roheisen lässt indessen leicht gross[illegible] von deren Lösung fallen und der sich ansetzende Kohlenschlamm [illegible] dert eine schnelle Lösung. Eine zuweilen vorkommende Schwärzu[illegible] Platinnetzes scheint ihren Grund im Ansatze fremder Metalle zu [illegible]

2. Analysen.

Der Kohlenstoff kann im Roheisen nicht durch Lösung des Eisens in verdünnter Chlorwasserstoffsäure oder Schwefelsäure als Rückstand bestimmt werden, weil hierbei neben Wasserstoffgas auch Kohlenwasserstoffe entweichen oder sich zu einem ölartigen Körper condensiren [1]).

Bestimmung des Gesammtkohlenstoffs.

Die sicherste Bestimmung des Kohlenstoffs erhält man durch directes Verbrennen des Eisens, nachdem dasselbe in mässig feine Körner zerschlagen und gesiebt ist. Man benutzt 2 bis 4 Grm., mengt diese mit 3 bis 4 Thln. geglühtem Kupferoxyd, füllt das Gemenge in ein Porzellanschiff, stellt das letztere in ein Porzellanrohr, welches eine Schicht Kupferoxyd mit gröblichem Porzellanpulver gemengt enthält, und glüht im Sauerstoffstrom bei lebhafter Rothgluth. Das entweichende Gas wird zuerst durch eine mit krystallisirter, wenig befeuchteter Chromsäure gefüllte Röhre geleitet, um schweflige Säure zu entfernen, dann durch ein Chlorkalciumrohr in den Kohlensäureabsorptionsapparat geführt.

Andere Methoden [2]), nach welchen das Eisen zuvörderst zum grössten Theil entfernt wird, sind unbequemer und zeitraubender, so z. B. die Methode von Berzelius, bei welcher hierzu Chlor angewendet wird, oder die von Ullgren, welcher zur Lösung schwefelsaures Kupferoxyd benutzt, oder die Boussignault's [3]), der Quecksilberchlorid in Anwendung bringt, oder Berthier's, der Jod oder Brom unter Wasser auf das Eisen einwirken lässt. Alle diese Methoden sind in den Lehrbüchern der analytischen Chemie ausführlich beschrieben. Jede derselben hat ihre besonderen Vorzüge, aber keine derselben empfiehlt sich so, wie die directe Verbrennung, zur Untersuchung für Hüttenlaboratorien.

Bestimmung des Graphits.

Um den Graphit allein zu bestimmen oder durch seine Bestimmung und Subtraction von der auf die vorher angegebene Methode gefundenen Gesammtkohlenstoffmenge auch den chemisch gebundenen Kohlenstoff zu finden, löst man eine gewogene Menge des Roheisens durch Erwärmen in Chlorwasserstoffsäure, verdünnt mit Wasser und lässt mehrere Stunden ruhig stehen, giesst die klare Flüssigkeit ab und kocht den Rück-

---

1) Vergl. Abthl. I, S. 187, sowie Rose-Finkener, Handbuch d. analytischen Chemie, II, S. 743 u. folg. — 2) Conf. Rose-Finkener, II, S. 747. — 3) Vergl. Dingler's polyt. Journ. Bd. 197, S. 25 und 228.

stand mit starker Chlorwasserstoffsäure. Der noch bleibende Rückstand enthält zwar allen Graphit, aber oft auch noch Theile des chemisch gebundenen Kohlenstoffs (mit Wasserstoff, Sauerstoff, Kieselsäure und wohl auch Metalloxyden). Je concentrirter die Chlorwasserstoffsäure war und je länger gekocht wurde, um so weniger bleibt davon zurück. Um ihn ganz zu entfernen, sammelt man den Rückstand durch Abgiessen oder Filtriren durch Asbest, wäscht ihn aus und kocht ihn mit einer nicht zu concentrirten [1]) Auflösung von Kalihydrat in einer Platinschale und filtrirt durch Asbest. War vorher schon durch Asbest filtrirt, so wird dasselbe Filtrum benutzt. Es ist nun der chemisch gebunden gewesene Kohlenstoff und die Kieselsäure gelöst und nach dem Auswaschen des Rückstandes mit Wasser, dann Chlorwasserstoffsäure, Alkohol und zuletzt Aether hat man nur noch Graphit, dessen Menge als Kohlensäure durch Verbrennung bestimmt wird.

Silicium.

Zur Bestimmung des Siliciums im Roheisen löst man das letztere in Königswasser auf, dampft die Lösung im Wasserbade oder auf freiem Feuer unter 120° ab, erhitzt den trockenen Rückstand mit möglichst wenig concentrirter Chlorwasserstoffsäure, bis alles Eisenoxyd sich wieder gelöst hat, fügt dann reichlich Wasser hinzu und filtrirt. Der ausgewaschene Rückstand enthält neben Kieselsäure noch Graphit und meistens Eisen. Er wird zuvörderst an der Luft geglüht und dann mit kohlensaurem Kali-Natron (der drei- bis vierfachen Menge), unter Zusatz von wenig Salpeter zur Oxydation des rückständigen Graphits, geschmolzen. Der Schmelz wird mit Wasser ausgezogen, worauf sich durch Eindampfen mit Chlorwasserstoffsäure die Kieselsäure rein abscheidet. Zuweilen enthält sie noch Titansäure, auf welche sie daher zu prüfen ist.

Phosphor.

Analyse. Zur Phosphorbestimmung muss man stets grössere Mengen Roheisen anwenden, nicht unter 5 Grm., und am besten im zerkleinerten Zustande. Das Roheisen wird in einem geräumigen Kolben mit starkem, heissem Königswasser, welches die Entwickelung von Phosphorwasserstoffgas hindert, übergossen. Nach dem Abgiessen wird der Rückstand von Neuem ebenso behandelt, dann Alles in einer Schale auf dem Wasserbade bis fast zur Trockne abgedampft. Aus der eingetrockneten (nicht geglühten) Masse wird durch wenig Chlorwasserstoffsäure alles Eisenoxyd gelöst, die Lösung mit Wasser verdünnt und filtrirt. Zuweilen enthält der Rückstand noch etwas Phosphor und zu genauen Be-

[3]) Bei ganz concentrirter Lösung löst sich auch etwas Graphit.

stimmungen ist es nöthig, ihn in kleinen Mengen in ein bis zum Schmelzen erhitztes Gemenge von Salpeter[1]) und kohlensaurem Natron, zu gleichen Theilen, einzutragen. Die geschmolzene Masse wird nach dem Erkalten mit überschüssiger Chlorwasserstoffsäure eingedampft und der Rückstand (der die unlösliche Kieselsäure enthält), mit wenig Chlorwasserstoffsäure erwärmt. Hierauf wird filtrirt und das Filtrat mit der Hauptlösung vereinigt.

In derselben, die nicht zu concentrirt sein darf und nur einen möglichst geringen Ueberschuss an Chlorwasserstoffsäure enthalten soll, fällt man die Phosphorsäure durch molybdänsaures Ammoniak in der bekannten Weise unter der Vorsicht, dem Niederschlag eine möglichst lange Zeit (24 bis 48 Stunden) zum Absetzen zu gönnen[2]). Nach Kessler[3]) ist es besser, aus der sauren Lösung zuerst das Eisen und die es begleitenden Metalle durch Ferrocyankalium su fällen. 5·6 Grm. Substanz werden mit Salpetersäure behandelt, zur Trockne verdampft, geglüht, in Salzsäure gelöst, mit Schwefelwasserstoff reducirt, mit einer Lösung von 42 Grm. Ferrocyankalium versetzt. Das Gemenge wird auf 518 Cubikcentimeter verdünnt. 250 Cubikcent. des Filtrats werden mit Magnesiumsulfat und Ammoniak versetzt. Der Niederschlag wird durch Lösen in Salpetersäure, Filtriren und Fällen durch Ammoniak gereinigt und durch Glühen in Magnesiumpyrophosphat verwandelt. 1 Decigrm. des letzteren entspricht 1 Proc. Phosphor im Eisen.

Probe. Eggertz[4]) hat die directe Anwendbarkeit des molybdänsauren Ammoniaks zur quantitativen Analyse bei einer ganz bestimmten Darstellungsmethode nachgewiesen. Die durch Röstung aus fein gepulvertem Schwefelantimon (Grauspiessglanzerz) bei niedriger Temperatur und bei beständigem Umrühren oder auf andere Weise erhaltene Molybdänsäure wird mit kaustischem Ammoniak behandelt und filtrirt. Das Filtrat wird zur Trockniss gebracht und schwach geglüht, bis das sich Anfangs bildende Molybdänoxyd in gelbe, nach dem Abkühlen beinahe weisse Molybdänsäure umgewandelt ist. Die so erhaltene, meist durch Phosphorsäure verunreinigte Molybdänsäure wird mit Salpetersäure angerührt, 3 bis 4 Tage im Wasserbade warm erhalten und eingetrocknet, hierauf in einer verschlossenen Flasche unter fleissigem Umschütteln in kaustischem Ammoniak von 0·95 specif. Gew. bei $+ 16^0$ gelöst. 4 Gewthle. Ammoniak nehmen 1 Thl. Molybdänsäure auf. Die Lösung wird schnell filtrirt und mit 15 Thln. Salpetersäure von 1·20 specif. Gew. bei $+ 16^0$ gemischt[5]).

Diese Molybdänlösung enthält auf jeden Cubikcentimeter 0·06 Grm. Molybdänsäure. Obwohl gewisse organische Stoffe, z. B. Weinsäure, die Fällung der Phosphorsäure durch die Molybdänflüssigkeit verhindern, so

---

[1]) Zur Oxydation des Graphits. — [2]) Vergl. z. B. Rose-Finkener, analyt. Chemie, S. 518. — [3]) Dingler's polyt. Journ. Bd. 199, S. 220. — [4]) Dingler's polyt. Journ. 1860, S. 283. — [5]) Die Molybdänlösung muss zur Salpetersäure gesetzt werden, nicht umgekehrt.

gilt dies doch nicht von den kohlenstoffhaltigen organischen Verbindungen, welche beim Lösen des Roheisens in Salpetersäure entstehen.

Es wird zur Anstellung der Probe 1 Grm. Eisen in Form von Pulver oder Feilspähnen, welche mittelst eines Siebes von $^{1}/_{2}$ Millim. weiten Oeffnungen abgesiebt worden sind, in kleinen Portionen in ein Becherglas eingetragen, welches 12 Cubikcent. Salpetersäure von 1·2 specif. Gew. enthält.

Zwischen je zwei Zusätzen von Eisen wird das Becherglas stets bedeckt erhalten. Man stellt es dann in ein Wasserbad, rührt zuweilen um und dampft, sobald das Eisen gelöst ist, zur Trockne ein. Die Masse wird hierauf mit 2 Cubikcent. Salpetersäure und 2 Cubikcent. Salzsäure befeuchtet, eine Stunde über dem Wasserbade erhalten, dann mit 4 Cubikcent. Wasser versetzt und durch ein Filter von circa 3 Cent. Durchmesser gegossen, und zwar in ein graduirtes Becherglas, in welchem das Filtrat nicht mehr als 15 Cubikcent. einnehmen darf, widrigenfalls es auf diese Menge abgedunstet werden muss. Zu dieser Lösung wird die Hälfte, dem Volumen nach, an Molybdänflüssigkeit, und ausserdem mindestens 2 Cubikcent. für jedes 0·001 Grm. [1]) Phosphor zugesetzt. Die Mischung wird sorgfältig umgerührt, 2 bis 3 Stunden auf 40° C. erhitzt. Die Fällung bringt man auf ein getrocknetes und gewogenes Filter von circa $4^{1}/_{2}$ Cent. Durchmesser, wäscht aus, trocknet im gewogenen Tiegel im siedenden Wasserbade und wägt mehrmals, bis die Gewichte übereinstimmen. Das Filtrat wird weiter auf Phosphorsäure geprüft und falls sich bei längerem Erwärmen auf 40° ein weiterer Niederschlag zeigt, wird dieser mit dem ersten vereinigt. Das Auswaschen des Niederschlages geschieht mit kaltem Wasser, dem 1 Vol.-Procent Salpetersäure zugesetzt ist.

Volumetrische Bestimmung. Anstatt den gelben Niederschlag auf gewogenem Filter zu sammeln, auszuwaschen, zu trocknen und zu wägen, schlägt Eggertz auch vor, ihn in eine mit Trichter versehene Glasröhre zu bringen, welche circa 1 Millim. lichten Durchmesser besitzt. In das untere Ende kommt etwas Baumwolle, die circa 2 bis 3 Millim. einnehmen darf, darauf etwas Filtrirpapier. Der Niederschlag wird nun in der Röhre gesammelt und mit einem passenden Gussstahldrath (einer Stricknadel) zusammengepresst, während das untere Ende des Rohres auf einem mehrfach gefalteten Filtrirpapier ruht. Die Höhe des zusammengepressten Niederschlages wird mit einem Elfenbeinmaass gemessen, welches empirisch graduirt ist. Jeder Theilstrich zeigt 0·01, eine feinere Theilung am oberen Ende 0·002 Proc. Phosphor an. Das gelbe Salz enthält:

[1]) Da der Phosphorgehalt im Roheisen mit Ausnahme des aus Raseneisenerzen erblasenen selten 0·25 Proc. übersteigt, so genügen durchschnittlich 5 Cubikcent. Ueberschuss. Auch kann man den ungefähren Phosphorgehalt durch eine Vorprüfung bestimmen.

91·69	Proc.	Molybdänsäure
3·72	„	Phosphorsäure
3·41	„	Ammoniak
1·18	„	Wasser

Diese Methode giebt nur bei sehr grosser Uebung einigermassen ge-
ue Resultate, lässt sich aber ganz gut als Vorprobe gebrauchen.

Schwefel.

Analyse. Aus der ebenso, wie bei der Phosphorbestimmung erhal-
nen, von der Kieselsäure befreiten und stark verdünnten Lösung be-
immt man die Schwefelsäure mittelst Chlorbarium im grossen Ueber-
huss. Nach 24stündigem Stehen ist die Schwefelsäure vollkommen ab-
schieden und der Niederschlag kann gesammelt werden.

Probe. Auch für die Bestimmung des Schwefelgehaltes hat Eg-
ertz [1]) eine Probe angegeben, welche sich indessen nur für Roheisen-
rten mit geringen Schwefelmengen, besser für Stahl- und Schmiedeisen
gnet.

Es wird 0·1 Grm. feingesiebtes Eisen in $1^1/_2$ Grm. [2]) Schwefelsäure
n 1·23 specif. Gew. gelöst. Man benutzt hierzu ein mit weitem Hals
d eingeschliffenem Glasstopfen versehenes Cylinderglas [3]), in welches
erst die Säure, dann das Eisen geschüttet wird. Sofort, nachdem letz-
res geschehen ist, wird ein blankes Silberblech (bestehend aus 75 Thln.
lber und 25 Thln. Kupfer) am Platindrath bis wenig unter den Hals
r Flasche eingehängt und der Apparat 15 Minuten in gewöhnlicher
immerwärme stehen gelassen. Die je nach der Menge des entwickelten
hwefelwasserstoffgases sich aus Hellgelb, durch Bronzefarben und
raun ins Dunkelblau ziehenden Farben des Silberblättchens dienen zum
ergleiche mit vorräthig gehaltenen, aus Kupfer und Zink gefertigten
egirungen. Bleibt das Blättchen weiss, so ist kein Schwefel vorhanden,
immt es die Färbung einer Legirung von 60 Thln. Kupfer und 40 Thln.
ink an, so sind 0·02 Proc. Schwefel, nimmt es die einer Legirung von
5 Thln. Kupfer und 15 Thln. Zink an, so sind 0·04 Proc. Schwefel vor-
anden [4]); wird es blau, gleich einer angelaufenen Uhrfeder, so sind nicht
nter 0·2 Proc. Schwefel vorhanden. Das Blättchen muss stets so einge-
ängt werden, dass es mit seinen beiden grösseren Flächen radial steht,
nst färben sich dieselben verschiedenartig. Die Probe erfordert län-
ere Uebung, gelingt dann aber bei Gehalten bis zu 0·1 Proc. Schwefel
echt gut; bei einem grösseren Gehalte ist sie aber sehr unzuverlässig.

[1]) Om Kemisk Profning af Jern etc. und Dingler's polyt. Journ. Bd. 164, S.
93. — [2]) = 1·3 Cubikcentimeter. — [3]) Von circa 10 Decim. Höhe und 2·5 Decim.
urchmesser. — [4]) Da die Farbe dieser Legirung nicht genau stimmt, so schlägt
ggertz vor, statt deren ein kleines Silberplättchen anzuwenden, welches durch
chwefelwasserstoff so braun wie möglich geworden ist, ohne blaue Färbung zu zeigen.

Mangan.

Aus einer Eisenlösung, welche nach einer der im Vorangegangenen beschriebenen Methoden gebildet und von Kieselsäure befreit worden ist, wird nach genauer Neutralisation im kalten Zustande mit Ammoniak das Eisenoxyd durch Kochen mit essigsaurem Natron gefällt. Das Filtrat wird mit Ammoniak versetzt, muss aber noch etwas sauer bleiben, und wird dann einige Zeit hindurch mit überschüssigem Schwefelammonium gekocht, wodurch sich Schwefelmangan abscheidet, welches abfiltrirt wird.

Von besonderer Bedeutung ist die Bestimmung des Mangans im **Spiegeleisen.** Dieses enthält gewöhnlich Kupfer (0·2 bis 0·3, zuweilen 0·5 Proc.) und es ist daher vortheilhaft, die von Parker[1]) vorgeschlagene Methode anzuwenden, nach welcher das fein zertheilte Spiegeleisen zuvörderst vollständig in Salzsäure aufgelöst wird. Durch die verdünnte Lösung wird Schwefelwasserstoffgas geleitet. Nach 12stündigem Stehenlassen wird filtrirt, der Niederschlag mit Schwefelwasserstoffwasser ausgewaschen, das Filtrat zum Kochen erhitzt, mit chlorsaurem Kali versetzt, die überschüssige Säure durch Kochen verjagt, verdünnt, zum Sieden erhitzt, mit Ammoniak neutralisirt und dann weiter wie vorher behandelt.

Kupfer.

Analyse. Das Eisen wird in Königswasser aufgelöst, die verdünnte Lösung mit Ammoniak neutralisirt, durch dieselbe schweflige Säure geleitet, um das Eisenoxyd in Oxydul zu reduciren, die überschüssige schweflige Säure vertrieben, worauf das Kupfer (war Arsen und Antimon zugegen, auch diese) durch Schwefelwasserstoff gefällt wird. — Ist Mangan im Eisen zugegen, und soll dieses bestimmt werden, so verfährt man nach der unter Mangan angegebenen Methode.

Probe[2]). Auch für die Kupferbestimmung hat Eggertz eine Probe angegeben, welche als modificirte Heine-Jacquelain'sche Kupferprobe bezeichnet werden kann.

1 Grm. Eisen in Pulverform oder als Feilspäne wird in 2 Cubikcent. Schwefelsäure von 1·83 specif. Gew., welche mit 10 Cubikcent. Wasser verdünnt sind, auf dem Wasserbade gelöst. Die Lösung wird auf 30 Cubikcent. verdünnt und mit Schwefelwasserstoff behandelt. Der im ersten Fall erhaltene Niederschlag wird auf einem Filter gesammelt und ausgewaschen. Man kann auch unterschwefligsaures Natron anwenden; es wird die Lösung dann auf 50 Cubikcent. verdünnt, zum Kochen er-

[1]) Dingler's polyt. Journ. Bd. 199, S. 49. — [2]) Berg.- u. hüttenm. Zeitung 1862. S. 218.

hitzt mit 2 Cubikcent. gesättigter Lösung von unterschwefligsaurem Natron versetzt, noch 1/4 Stunde gekocht und filtrirt. Niederschlag sammt Filter wird in beiden Fällen in einem Porzellantiegel getrocknet und geglüht, bis der Schwefel entfernt ist. Der Rückstand wird mit 1/2 bis 1 Cubikcent. Königswasser digerirt, die Lösung fast zur Trockniss eingedampft und mit Ammoniak aufgenommen. Die nöthigenfalls von einem Niederschlage von Eisenoxydhydrat befreite, blau gefärbte Lösung wird mit einer bereit gehaltenen Normalflüssigkeit verglichen. Diese letztere bereitet man durch Auflösung einer geringen Menge (0·1 Grm.) Kupfer in 1 Cubikcent. Salpetersäure von 1·2 specif. Gew. und 2 Cubikcent. Salzsäure von 1·12 spec. Gew., welche mit 125 Cubikcent. Ammoniak von 0·95 specif. Gew. und 372 Cubikcent. Wasser von 15° C. versetzt ist. In 5 Cubikcent. befinden sich bei Anwendung von 0·1 Grm. Kupfer demnach 0·001 Grm. Kupfer. Die Probelösung wird in einer mit dem Normalglase gleich starken Bürette bis zu übereinstimmender Färbung verdünnt, und zwar mit verdünntem Ammoniak (1 Thl. Ammoniak und 3 Thle. Wasser).

Beispiele des Hochofenbetriebes in verschiedenen Ländern und Gegenden.

Grossbritannien.

Das Vorkommen der Erze in Grossbritannien ist in Abthl. I. Seite 279 bis 287 beschrieben. An die 12 Erzdistricte schliessen sich ebenso viel Eisenhüttenbezirke an.

1. Schottland[1].

Die Kohleneisensteine Schottlands werden bei rohen Kohlen und Kalksteinzuschlag (20 bis 60 Kil. pr. 100 Kil. Roheisen) in circa 14 bis 20 Meter hohen Hochöfen verschmolzen. Heisser Wind von 360° wird angewendet. Die Gichtgase gehen meist unbenutzt ins Freie.

Die Hochöfen haben im Kohlensacke 4·0 bis 5·5, meist 4·6 Meter, an den Formen 1·8 bis 2·4 Meter, an der Gicht 2·5 bis 3·5 Meter Durchmesser. Die Production beträgt 100 bis 200 Tonnen à 20 Centner[2] Roheisen wöchentlich und im Durchschnitt werden auf 100 Kil. Roheisen 170 Kil. gerösteter Black-band, 50 Kil. Kalkstein und 250 Kil. rohe Kohle verwendet. Das Roheisen ist fast stets ein dunkelgraues zur Giesserei geeignetes, und wird für diesen Zweck vielfach nach dem Festlande versendet. Nur einzelne Hochöfen erzeugen, dann unter Zusatz von Rotheisenerz, lichtere Eisensorten zum Verpuddeln.

Die stets roh verwendete Steinkohle ist mager, leicht verbrennlich, langflammig und fast gar nicht backfähig. Am geeignetsten ist die sehr

---

[1]) Vergl. Preuss. Zeitschr. f. Berg-, Hütten- u. Sal.-Wesen XIV, S. 311, ferner Abthl. I, S. 279 und Kohn, Iron and Steel Manufactur, S. 7. — [2]) Im Folgenden wird mit Tonne stets die metrische Tonne von 20 Ctr. oder 1000 Kilogr. gemeint sein, wenn nicht ausdrücklich etwa das Gegentheil hervorgehoben worden ist.

reine Splintkohle. Der Verbrauch pr. 100 Kil. Roheisen beträgt an letzterer nur 220 Kil., an gewöhnlicher dagegen 250 bis 300, ja 400 Kil. Ihr Gehalt an flüchtigen Bestandtheilen schwankt zwischen 40 und 48 Proc.

Gartsherrie mit 16 Hochöfen, 14 älterer Construction, 2 neuerer Construction. Die älteren haben 13·7 Met., die neueren 19·8 Met. Höhe; letztere an der Gicht 3·05 Met., im Kohlensack 4·57 Met., im Gestell 2·13 Met. Durchmesser. Der 3·05 Met. hohe Kohlensack liegt 7·6 Met. über dem Bodenstein. Tägliche Production der älteren Oefen 15, der neueren 18 bis 19 Tonnen an dunkelgrauem, grobkörnigem Giessereiroheisen.

Jeder Ofen hat 7 Formen von 5·7 Centim. Durchmesser, der Wind hat 380° C. und 0·16 bis 0·17 Kil. Pressung pr. □ Centim.

Zu 100 Kilogr. Giessereiroheisen werden verbraucht:

230 Kil. . . . . . . Steinkohle
139 „ . . . . geröstete Kohleneisenstein
31 „ . . . . . Rotheisenstein (Cumberland)
52 „ . . . . Kohlenkalkstein
Ausbringen der Beschickung 45·5 Proc.

Langloan erzeugt besonders Giessereiroheisen für den Export nach Deutschland. 6 ältere Hochöfen von 12·19 Met. Höhe, 4·26 Met. im Kohlensack, 3·05 Met. an der Gicht, 1·37 Met. im Gestell. Production täglich pr. Ofen 15¼ Tonnen; 2 neuere Hochöfen von 15·24 Met. Höhe. 5 Formen, 7 Centim. Düsendurchmesser, Wind von 400° C. und 0·2 Kilogr. Pressung pr. □ Centim.

Zu 100 Kil. Giessereiroheisen werden verbraucht:

220 Kil. . . . . . . Steinkohle
145 „ . . . . gerösteter Kohleneisenstein
35 „ . . . . Rotheisenstein
58 „ . . . . Kalkstein
Ausbringen der Beschickung 41·6 Proc.

Govan-Hütte erzeugt zum Theil Puddelroheisen zum eigenen Bedarf. 4 Hochöfen mit je 9 Formen, 6·3 Centim. Düsendurchmesser. Wind 350° C. und 0·18 Kil. Pressung pr. □ Centim.

Zu 100 Kil. feinkörnigem Roheisen werden 205 bis 210 Kil. Steinkohlen verbraucht. Die Beschickung, in der 15 Proc. Schweissofenschlacke enthalten sind, giebt 40 Proc., die Production beträgt 20 Tonnen täglich.

Coltness-Hütte. 12 Hochöfen von 15·85 Met. Höhe, 4·26 Met. Weite im Kohlensack, mit je 12 in vier Gruppen angeordneten Formen

und 3·8 Centim. Düsendurchmesser. Der Wind hat 315 bis 370° C. Die wöchentliche Production beträgt 170 bis 213 Tonnen an dunkelgrauem Giessereiroheisen Nr. I.

2. Gebiet von Northumberland und Durham[1].

Die Hochöfen dieses Gebietes, welche ursprünglich zur Verwerthung der Eisensteine des Kohlengebietes errichtet waren, sind jetzt sämmtlich auf die Verhüttung fremder Erze, zu denen namentlich die Eisensteine des fünften Bezirks gehören, angewiesen. Sie arbeiten daher auch unter gleichen Verhältnissen wie jene, haben die Koks billiger und die Erze theurer. Einzelne an dem Tyne gelegene Hochöfen setzen zu ihrer Beschickung 1/8 bis 1/4 von den durch Extraction von Kupfer und Schwefel befreiten Rückständen der Schwefelkiese[2].

3. Gebiet von Alston Moor[3].

Die wenigen Hochöfen dieses Gebietes zeichnen sich durch die Erzeugung von Qualitätsroheisen (Spiegeleisen und Weissstrahl) aus. Ihre Production reicht aber in keiner Weise zur Deckung des Bedarfs von England an derartigem Roheisen hin. Es wird vielmehr deutsches (Siegerländer) Spiegeleisen in grossen Mengen eingeführt.

Hierhin gehört auch das Seite 765 erwähnte Werk Tow Law, von dessen Roheisen ebendaselbst Analysen mitgetheilt sind.

4. Gebiet von Cumberland und Nord-Lancashire[4].

Der Rotheisenstein dieses Districts ist das vorzüglichste Erz zur Erzeugung eines phosphorarmen, siliciumreichen, für den Bessemerprocess geeigneten grauen Roheisens. Der grösste Theil des letzteren wird nach den verschiedenen Bessemerwerken Englands und des Festlandes geschickt. Uebrigens aber werden auch grosse Mengen des dortigen Erzes selbst auf andere englische Hütten gesendet.

Die Werke zu Workington und Cleator erzeugen ihre Koks aus den dortigen Kohlen von Whitehaven und Carlisle, die anderen Hütten beziehen die sehr festen und leicht transportablen Koks von Newcastle.

Der Kohlenkalk des Districts liefert den Zuschlag.

Haematite-Iron-Company bei Whitehaven. Einzelne Verhältnisse dieses Werkes finden sich bei den betreffenden Roheisenanalysen Seite 768 und 769, wo auch einiges über Cleator Moor mitgetheilt ist.

---

[1]) Abthl. I, S. 280. — [2]) Vergl. Preuss. Zeitschr. f. Berg-, Hütten- u. Sal.-Wesen, Bd. XIX, S. 314. — [3]) Abthl. I, S. 280. — [4]) Abthl. I, S. 281 und Cols. Iron and Steel Manufactur, S. 17.

Workington. 4 Hochöfen von 13·4 Met. Höhe, 4·26 Met. im Kohlensack, 2·13 Met. im Gestell, 2·74 Met. an der Gicht, 2 Hochöfen von 15·24 Met. Höhe und im übrigen gleichen Dimensionen [1]).

Barrow. 12 [2]) Hochöfen von 14·02 bis 17·06 Met. Höhe. Die höheren Oefen haben im Kohlensack 5·03 Met., an der Gicht 3·5 Met., im Gestell 2·13 Met. Jeder Ofen hat 6 Formen. Die Düsen besitzen 6·3 bis 8·9 Centim. Weite, der Wind bei 315 bis 345° C., bei 0·2 bis 0·23 Kil. Pressung pr. □Centim. Der Abstich (circa 20 Tons) erfolgt alle sechs Stunden.

Diese Hütte ist von Truran [3]) in ihrer älteren, und von Kohn [4]) in ihrer neueren Gestalt ausführlich beschrieben worden. Sie producirt durchschnittlich 4000 Tonnen Roheisen wöchentlich.

Pr. 100 Kil. Roheisen werden 100 Kil. Koks von Durham (welcher von Darlington dorthin verschifft wird) verbraucht. Das 57 Proc. haltige Erz erfordert einen Kalkzuschlag von 20 Proc. Kalkstein. Jede Gicht wiegt ausschliesslich der Koks circa 2000 Kil. (nämlich 1727 Kil. Erz, 330 Kil. Kalkstein, und 965 bis 1067 Kil. Koks).

In diesem Gebiete befindet sich auch der einzige Ueberrest vom Holzkohlenhochofenbetrieb, nämlich die:

Newland-Hütte. Sie verschmilzt eine Beschickung von 144 Kil. Rotheisenstein und 9 Kil. Thoneisenstein bei 148 Kil. Holzkohle. Der Ofen empfängt 16 Gichten in 12 Stunden [5]).

1864 waren noch drei andere Holzkohlenhochöfen in Grossbritanien im Betriebe, nämlich zu Backbarrow in Lancashire, zu Duddon in Cumberland und zu Lorn in Argyleshire (Schottland). Alle diese Oefen hatten 0·91 Met. Durchmesser an der Gicht, 2·74 Met. im Kohlensack, 0·61 Met. im Gestell und wurden mit kaltem Winde betrieben. Die Production betrug pr. Ofen durchschnittlich 20320 Kilogr. wöchentlich.

5. Cleveland (Nord-Yorkshire) District [6]).

Die in diesem District auftretenden, Abthl. I beschriebenen Erze werden in geröstetem Zustande bei Koks aus dem Steinkohlengebiete von Newcastle und Sunderland verschmolzen. Die sehr feste Beschaffenheit der Erze, sowie der Koks, gestattet die Benutzung der höchsten Oefen, welche überhaupt bisher angewendet worden sind.

---

[1]) Vergl. Preuss. Zeitschr. Bd. XIV, S. 303. — [2]) 11 waren 1869 vollendet, der 12. im Bau. — [3]) Das britische Eisenhüttengewerbe. Deutsch v. Hartmann, S. 284. — [4]) Iron and Steel Man. — [5]) Percy giebt die Production in dieser Zeit zu 3200 Kilogr. Roheisen an, indessen kann sie nicht viel mehr als 1200 Kilogr. betragen. — [6]) Vergl. Abthl. I, S. 282; Kohn, Iron and Steel Manufacture; Lowthian Bell, die Entwickelung und Verwendung der Wärme in Eisenhochöfen; deutsch von Tunner.

Die Analyse der Roheisensorten, welche in Folge ihres hohen Silicium- und Phosphorgehaltes zu den schlechteren Sorten gehören, sind S. 7[illegible]6 und 7[illegible]7 mitgetheilt. Das Roheisen wird wegen seines billigen Preises trotz der schlechten Beschaffenheit selbst nach Deutschland verschifft.

Der dortige Hochofenbetrieb ist durch die Aufsätze Bell's[1]) bekannt geworden, welche für die gesammte Eisenindustrie von Bedeutung sind.

Ueber das Verhältniss zwischen der Ofenhöhe, dem Koksverbrauch, der Temperatur des Gebläsewindes und der Production giebt folgende Tabelle Bell's Aufschluss:

	Hochöfen zu				
	Consett	Consett	Clarence	Clarence	Ferryhill
Höhe des Ofens, Meter	16·7	16·7	14·6	24·4	24·4
Fassungsraum, Cubikmeter	266·4	266·4	169·8	325·4	458·6
Production pr. Woche, Kilogr.	401320	373884	—	—	—
Koksverbrauch pr. Kil. Roheisen, Kil.	1·127	0·9	1·446	1·110	1·025
Temperatur des Gebläsewindes in ° C.	455	718	485	485	412

Die Hochöfen stehen fast alle auf schlammigem Grunde und haben daher Pfahlrostfundamente, auf denen eine Conkretlage liegt. Darauf ist dann erst das Mauerwerk gegründet, welches 2·4 bis 3·05 Met. bis zum Bodenstein stark ist. Die Ofenhöhen schwanken zwischen 12·8 bis 24·4 Met., werden aber meist 21·3 bis 22·8 Met. genommen, haben im Kohlensack 6·55 bis 8·23 Met., meist 7·31 bis 7·92 Met. Der durch Regeneratorwinderhitzungsapparate auf sehr hohe Temperatur gebrachte Wind hat eine durchschnittliche Pressung von 0·21 bis 0·23 Kil. pr. □Centim.

Ormsby-Hütte. Hochöfen von 23·1 Met. Höhe, 7·31 Met. im Kohlensack, das Gestell ist 2·44 Met. weit und 2·44 Met. hoch, mit verticalen Seitenwänden. Das Mauerwerk am Kohlensack ist 1·22 Met. stark.

Teeside-Hütte. Die Hochöfen haben ganz ähnliche Dimensionen wie die der Ormsby-Hütte. Sie besitzen 566 Cubikmet. Fassungsraum und werden mit drei Formen geblasen. Die Production beträgt [illegible] Tonnen wöchentlich.

---

[1]) Ueber die Entwickelung und Verwendung der Wärme in Hochöfen von verschiedenen Dimensionen. Deutsch v. Tunner. 1870.

Die Hochöfen von Gjers zu Middlesboro' haben 25·61 Met. Höhe, 9 Met. Gicht-, 7·62 Met. Kohlensack-, 2·44 Met. Gestellweite. Production bis 400 Tonnen wöchentlich.

Die Hochöfen zu South Bank bei Eston haben dieselben Dimen-en bis auf die Gestellweite, welche 2·59 Met. beträgt. Die Gicht teht aus 325 Kil. Koks, 750 Kil. geröstetem Erze, 150 Kil. Kalkstein. Koksverbrauch beträgt auf 100 Kil. Roheisen 105 Kil. Der Wind 0·21 Kil. Pressung pro □ Ctm. und wird durch 5 Düsen von 0·114 Met. rchmesser eingeführt. Production 350 Tonnen wöchentlich.

6. Das Gebiet von Yorkshire und Derbyshire.

Die Oefen dieses Districts sind gegründet auf die Verwendung der thl. I, S. 283 beschriebenen Eisensteine der Steinkohlenformation. Die chöfen erzeugen nur Roheisen zum Puddeln, und einzelne derselben, die zu Low Moor und Bowling-Hütte stehen im Rufe, ein Roheisen rzustellen, aus welchem das beste englische Blech dargestellt werden kann. ite 777 sind Analysen des Roheisens mitgetheilt.

Für die besten Eisensorten, welche zur Fabrikation von Kesselblech enen sollen, werden nur die Thoneisensteine der Gegend verwendet, zu inderen Sorten wird Rotheisenstein von Cumberland zugesetzt.

Bowling-Hütte. Die Hochöfen sind 13·7 Met. hoch, die kleineren aben an der Gicht 1·06 Met., im Kohlensack 3·35 Met. Durchmesser, die rösseren an der Gicht 1·52 Met.[1]), im Kohlensack 3·96 Met., alle im estell, dessen Wendungen senkrecht sind, 0·96 Met. Die Formen liegen i den ersteren 0·66 Met., bei den letzteren 0·76 Met. über dem Boden-ein. Es wird mit kaltem Winde und zwei, bezüglich drei Formen von 2 Centim. Durchmesser geblasen. Pressung des Windes 0·1 Kil. pr. Centim. Die Gichtgase entweichen in die Luft.

Die kleinen Oefen produciren wöchentlich 77 Tonnen, die grossen fen wöchentlich 97 Tonnen Roheisen. Abstich dreimal täglich. Auf Kil. Roheisen werden verbraucht

2·3 Kilo. geröstete Erze (mit 44·5 Proc.)
0·9 Kilo. Kalkstein
2·25 Kilo. Koks.

7. Das Gebiet von Lancashire, Nord-Staffordshire und Nord-Wales.

Für die Roheisenerzeugung ist der Nord-Wales angehörige Theil n wichtigsten. Roheisenanalysen sind Seite 782 mitgetheilt. Mit den n Steinkohlengebirge vorkommenden Erzen werden nicht unbedeutende engen fremder Erze, namentlich Rotheisensteine verhüttet.

[1]) Die Gicht ist oblong mit abgerundeten Ecken, nach einer Richtung 1·52, nach r anderen 1·07 Met.

Kirkless Hall-Hütte. In dem Lancashiregebiete nimmt die der Wigan-Gesellschaft gehörige Hütte mit 10 Hochöfen den ersten Platz ein. Der Koks wird aus gewaschener Kleinkohle bereitet und ist sehr hart. Die meisten Hochöfen arbeiten mit Gasentziehung; sie haben 24·38 Met. Höhe, 7·31 Met. Weite im Kohlensack und 2·44 Met. Durchmesser an der Gicht und sind hier mit dem Parry'schen Trichterapparate versehen. Es wird jetzt Rotheisenstein von Ulverstone vornehmlich verhüttet, während die Thoneisensteine des eigenen Gebietes ganz zurücktreten. Auch das bauxitähnliche Erz von Belfast [1]) kommt als Zuschlag zur Verwendung. Man verbraucht ausserdem noch einen sehr hohen Kalkzuschlag. Für 100 Kil. Roheisen sind 100 Kil. Koks nöthig. Der Wind hat 427 bis 482° C. und eine Spannung von 0·21 bis 0·23 Kilo pr. □Centim. Der Abstich erfolgt alle acht Stunden und die Production pr. Ofen ist über 400 Tonnen wöchentlich.

8. Gebiet von Süd-Staffordshire und Shropshire [2]).

Die Eisenindustrie dieser Gebiete concentrirt sich besonders auf das Abthl. I, S. 285 genannte „Schwarze Land", wo zwischen Birmingham und Wolverhampton eine fast ununterbrochene Reihe von Eisenwerken liegt. Die Hochöfen sind meist 15·2 bis 18·3 Met. hoch, werden grösstentheils ganz mit rohen Kohlen, aber auch mit Koks und rohen Kohlen oder bloss mit Koks, die man in offenen Meilern darstellt (s. Bd. I, S. 171), betrieben. Als Zuschlag zu den Erzen, welche theils im Eisenstein der dortigen Gegend, theils aus Northamptonshirer Kiesel-Brauneisenstein und Rotheisenstein von Lancashire und Cumberland bestehen, dient siliciumreicher Kalkstein. Die Eisensteine werden in offenen Haufen geröstet. Der Wind wird stets erhitzt, und zwar meist in Hosenröhren oder Fusskastenapparaten [3]). Die Gichtgase benutzt man nicht bei allen Werken. Analysen verschiedener Roheisensorten finden sich Seite 778. Zwei Hochöfen dieses Districtes (zu Corngreaves und Russell's Hall) sind bereits Seite 7 und 19 abgebildet und beschrieben.

Park-Lane bei Tipton. Höhe der Hochöfen 18·29 Met., Gichtweite 2·74 Met., Kohlensack 3·35 Met., Gestell 0·91 Met., Düsen 7 bis 10 Centim. Durchmesser, Pressung des Windes 0·16 bis 0·2 Kil. pr. □Centim. Production in der Woche 121 920 Kil. Die Beschickung besteht pr. Gicht aus:

381	Kil.	Koks
305	„	rohe Kohle
965	„	gerösteter Thoneisenstein
254	„	kieseliger „
203	„	Rotheisenstein v. Cumberland
228	„	Kalkstein.

[1]) Siehe Abthl. I, S. 274. — [2]) Vergl. Abthl. I, S. 184. — [3]) Abthl. II, S. 106.

Die Gichtgase werden nicht verwendet. Die Erze röstet man in ·ien Haufen, die Koks erzeugt man in Meilern (von je 20 Tonnen).

Dudley-Port bei Tipton. Die gerösteten Thoneisenerze der einkohlenformation werden mit $^3/_4$ Gewthln. roher und $^1/_4$ Gewthl. ver-kter Kohle verschmolzen.

Great-Bridge (Bagnall's Hochöfen) bei Wednesbury. Hochöfen n 14·33 Met. Höhe, 3·17 Met. Gicht, 4·72 Met. Kohlensack, 2·54 Met. ere und 2·26 Met. untere Gestellweite. Das Gestell ist 2·23 Met., die ıst 6·40 Met. hoch, die Formen liegen 0·86 Met. und 0·91 Met. über m Bodenstein. Sechs Formen haben je 8·9 Centim. Dtr., ausserdem eine ·ustform von 6·3 Centim. Dtr. Pressung des Windes = 0·23 Kil. pr. Centim. Beschickung pr. Gicht:

914 Kil. Koks und Kohlen (zu gleichen Theilen bei guten, zu $^2/_3$ Rohkohle bei schlechten Eisensorten). 914 Kil. gerösteter Eisenstein, 101·6 Kil. Schlacke, 228·6 Kil. Kalkstein.

Production 213 360 Kil. pr. Woche. Die Schlacke wird in 4·57 Met. ·eiten, 6·7 Met. langen, 3·96 Met. hohen Stadelöfen, welche an jeder ·ite mit acht 0·91 Met. hohen und 0·43 Met. weiten Heizöffnungen ver-hen sind, geröstet[1]).

Zu einer Ofenfüllung von 121 920 Kil. Puddelschlacke braucht man zehn Tagen Röstzeit 15 240 Kil. Steinkohle.

Dudley-Hütte bei Dudley. Die Hochöfen haben 12·80 Met. ·he, 4·27 Met. Weite an der Gicht, 4·72 Met. im Kohlensack, der 4·88 ·t. über dem Bodenstein liegt, das Gestell 2·59 Met. Die fünf Formen gen 1·07 Met. über dem Bodenstein. Die mit Kesselblechmänteln ver-henen Oefen haben am Kohlensack einen 3·66 Met. starken Kernschacht, f den eine Füllung von 7·62 Centim. und ein Rauhschacht von 11·43 ntim. Stärke folgt. Pressung des 430° C. heissen Windes = 0·20 Kil. . □ Centim.

Der Eisenstein (Thoneisenstein und wenig Blackband) aus der Stein-hlenformation wird geröstet und mit Kieselerzen aus Northamptonshire, wie Rotheisenstein von Lancashire bei Zuschlag von gebranntem ılk verschmolzen. Das Brennmaterial besteht zu $^1/_4$ aus Rohkohle, zu ı aus Koks. Production 182 900 Kil. wöchentlich.

Russell's Hall bei Dudley. Die Hochöfen sind Seite 19 abge-ldet. Die Beschickung besteht aus:

[1]) Vergl. S. 430 und 573.

Erze	Red-mine. geröstet, Nord-Staffordshire	217·7 Kilo
	Gubbin „ South-Staffordshire	108·9 „
	Whitestone „ „	762·0 „
	Balls „ „	326·6 „
	Puddel- und Schweissofenschlacke	108·9 „
	Zusammen	1524·1 Kilo
Silurischer Kalkstein von „Wren's Nest“ bei Dudley		457·2
Brennmaterial	Koks	812·8
	Rohe Kohle	114·3
	Zusammen	927·1
Ausbringen an grauem Roheisen		737

Heisser Wind von 315°C. und 0·26 Kil. pr. □ Centim. auf □ Zoll.

Corngreaves[1]). Einer der Hochöfen ist Seite 7 abgebildet. Nr. 5 und Nr. 6 wurden 1862 folgende Productionen erzielt:

1862. In der Woche bis	Nr. 5. Kilo	Nr. 6. Kilo
Jan. 4	234 200	243 350
„ 11	221 000	228 610
„ 18	227 090	206 360
„ 25	234 200	205 850
Febr. 1	144 790	234 200
„ 8	210 830	228 610
„ 15	239 790	245 480
„ 22	244 460	236 740
März 1	260 620	237 760
„ 8	258 590	244 870
„ 15	162 570	245 480
„ 22	222 520	227 590
„ 29	233 700	216 930
April 5	240 810	239 790
„ 12	261 130	247 510
„ 19	264 180	265 700
Zusammen	3 660 380	3 754 830

[1]) Nach J. K. Blackwell.

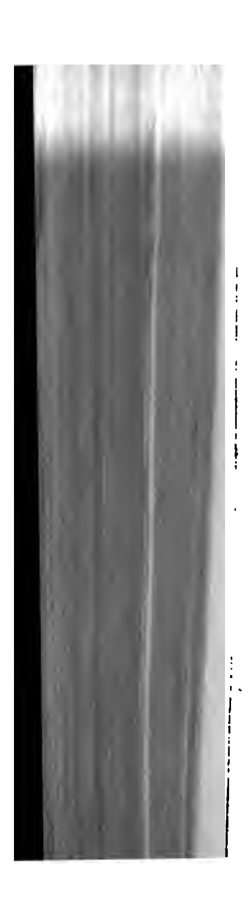


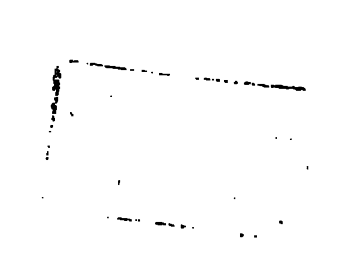


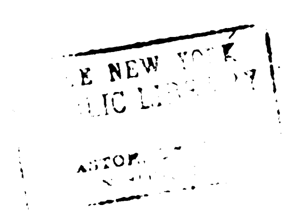
Nr.	Namen der Werke.	Art des Roheisens.
1	Pontypool	Weiss
2	„	Grau
3	Cwm Celyn	Weiss
4	„	Grau
5	Ebbw. Vale, Nr. 3	Weiss
6	„ Nr. 4	Grau
7	„ Nr. 1	—
8	„ Nr. 2	—
9	„ Nr. 5	—
10	Dowlais, Nr. 2	Weiss (common f
11	„ „	„ (neuester
12	„ „	„ (krystallini
13	„ Nr. 1	—
14	„ Nr. 3	Grau
15	„ Nr. 4	Weiss
16	Aberdare	Weiss
17	Ystalifera Nr. 2	Grau
18	„ Nr. 3	Weiss
19	„ Nr. 1	—
20	Mittel aus Nr. 1, 3, 5, 10, 16 .	Weiss
21	„ „ Nr. 2, 4 u. 6 . . .	Grau
22	Cyfarthfa	—
23	Aberamman	—
24	Nant-y-Glo	—
25	Sirhowy	—
26	Tredegar	—
27	Plymouth	—
28	Pentyrch	—
29	Rhymney	—
30	„	—
31	Hirwain	—
32	Abernant	—

E.					
Verhalten von C : A (C = 1.)	Verhalten von C : B (C = 1.)	Verhältniss von B (= 1) zum Kohlenverbrauch pr. 1000 Kilo Eisen.		Verhältniss von C (= 1) zur wöchentlichen Production (in 1000 Kilo).	
		f. weisses	f. graues E.	f. weisses	f. graues E.
4·29	6·57	1·30	—	64·62	—
		—	2·34	—	20·92
1·90	4·54	0·54	—	52·40	—
		—	1·06	—	43·19
1·44	5·44	0·48	—	64·91	—
1·00	6·25	—	0·83	—	49·94
2·18	6·90	—	—	—	—
2·50	7·11	—	—	—	—
1·17	4·90	—	—	—	—
		1·53	—	39·22	—
2·15	5·65	0·88	—	71·35	—
		1·46	—	36·18	—
1·38	5·53	—	—	—	—
1·01	3·29	—	—	—	—
1·11	4·45	—	—	—	—
0·89	4·41	0·54	—	44·61	—
2·17	4·90	—	2·85	—	33·17
3·40	6·68	2·09	—	33·17	—
2·89	7·29	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—
1·99	7·45	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—
0·75	4·67	—	—	—	—
2·26	5·65	—	—	—	—
2·04	7·76	—	—	—	—
2·25	6·25	—	—	—	—
0·94	3·16	—	—	—	—
1·59	5·71	—	—	—	—
2·47	8·00	—	—	—	—
4·51	9·76	—	—	—	—









E NEW YORK
LIC LI

	Kilo	Kilo
lere wöchentliche Production	228 836	234 677

Das Roheisen war nur grau.

9. Gebiet von Northampton.

Die kieseligen Brauneisenerze von Northampton werden zum gröss- Theil exportirt und mit anderen Erzen in Süd-Staffordshire, Süd- ales u. s. w. verschmolzen.

10. Süd-Wales und Forest of Dean.

Die sämmtlichen Werke beider Gebiete sind zwar insofern auf glei- e Grundlagen des Betriebes angewiesen, als sie hauptsächlich die Thon- d Kohleneisensteine der Steinkohlenformation verschmelzen, denen erall mehr oder weniger fremde Erze (Rotheisenerze von Lancashire d Cumberland, kieselige Brauneisenerze von Northamptonshire, sowie weilen Spatheisensteine von Devonshire und afrikanische Eisenglanze) geschlagen werden, aber die Beschaffenheit der Kohle bedingt einen sentlichen Unterschied im Betriebe der einzelnen Hütten, je nach ihrer ehr östlichen oder westlichen Lage. Die Hochöfen des Forest of Dean d des östlichsten Theiles der Kohlenmulde von Süd-Wales (Pontypool) rden nur mit Koks betrieben. In dem mittleren District (Cwm Celyn, bbw Vale, Rhymney) werden rohe Kohlen mit Koks gemischt angewen- t. In dem westlicheren District (Dowlais) schmilzt man mit rohen ma- ren Kohlen allein, und im westlichsten Theil endlich (Ystalifera) mit thracit.

Die Hochöfen sind fast alle mit Gasfängen versehen. Die Erze wer- n der Regel nach in Oefen von der Seite 438 und 439 beschriebenen und gebildeten Art geröstet, die Kohlen meist in freien Haufen verkokt. r Winderhitzung dienen die verschiedenartigsten Röhrenapparate, meist essen solche mit Hosenröhren [1]).

Roheisenanalysen finden sich Seite 783.

Eine Zusammenstellung der Verhältnisse der wichtigsten Hochofen- rke von Süd-Wales giebt die nebenstehende Tabelle, welche nach der gabe der dortigen Hüttenbesitzer vor etwa 10 Jahren zusammengestellt . Es muss indess bemerkt werden, dass bei Nr. 3 sowohl die Angabe s Ausbringens, als die des Brennmaterialverbrauchs auf einem Irrthum beruhen scheint.

---

[1]) Vergl. Abthl. II, S. 100.

Dowlais-Hütte [1]. Beispiel der Production.

1863.	Erze.			Kohlenverbrauch pr. 1000 Kilo Roheisen	Gesa[mmt-] Prod[uction]
In der Woche bis	Thoneisenstein der Steinkohlenformation	Rotheisenstein	Brauneisenerz von Forest of Dean		
	Kilo	Kilo	Kilo	Kilo	K[ilo]
23. Mai	168 670	322 250	—	1163	216
30. „	170 700	297 710	—	1326	182
6. Juni	179 850	322 090	—	1325	181
13. „	171 720	312 950	—	1161	193
20. „	183 910	271 290	4 060	1299	163
27. „	307 870	178 750	48 770	1350	189
4. Juli	255 030	148 350	53 850	1162	166
11. „	269 260	123 960	81 290	1327	175
18. „	291 610	112 784	101 610	1282	194

Das Roheisen war grau (Nr. 2 und 3) und sehr gleichmässig in seiner Beschaffenheit.

Aberdare und Abernant-Hütte.

Roheisenproduction in der Woche bis zum 27. Juni 1863.	Weisses Roheisen. Kilo
Aberdare, Hochofen Nr. 1	253 000
„ „ „ 2	276 370
„ „ „ 3	211 340
Abernant, „ „ 1	301 770
„ „ „ 2	332 250
Zusammen	1 374 730

[1] Nach W. Menelaus.

Beschickung für 1000 Kilo Roheisen.

	Erze. Kilo	Kalk. Kilo	Steinkohlen Im Ofen Kilo	Steinkohlen Zur Maschine und Winderhitzung Kilo	Steinkohlen Zusammen Kilo
are, Nr. 1 . .	2181	391	1802		
„ 2 . .	2235	440	1869	67·9	2016
„ 3 . .	2424	533	2227		
ant, „ 1 . .	2154	378	1735	4·8	1813
„ 2 . .	2245	415	1904		
Mittel	2234	425	1891	39·7	1975

Roheisenproduction in der Woche bis zum 4. Juli 1863.	Weisses Roheisen. Kilo
Aberdare, Nr. 1	291 610
„ „ 2	304 820
„ „ 3	217 440
Abernant, „ 1	291 610
„ „ 2	348 510
Zusammen	1 453 990

Beschickung für 1000 Kilo Roheisen.

	Erze. Kilo	Kalk. Kilo	Steinkohlen Im Ofen Kilo	Steinkohlen Zur Maschine und Winderhitzung Kilo	Steinkohlen Zusammen Kilo
are, Nr. 1 . .	2198	391	1507		
„ 2 . .	2212	395	1519	73·7	1954
„ 3 . .	2349	495	2068		
ant, „ 1 . .	2252	388	1533	7·6	1835
„ 2 . .	2260	407	1865		
Mittel	2171	411	1862	44·6	1901

Roheisenproduction in der Woche bis zum 25. Juli 1863.	Weisses Roheisen. Kilo
Aberdare, Nr. 1	282 470
„ „ 2	289 580
„ „ 3	257 060
Abernant, „ 1	285 520
„ „ 2	334 290
Zusammen	1 448 920

Beschickung für 1000 Kilo Roheisen.

	Erze.	Kalk.	Kohle.		
			Im Ofen	Zur Maschine und Winderhitzung	Zus[illegible]
	Kilo	Kilo	Kilo	Kilo	K[illegible]
Aberdare, Nr. 1	2233	400	1848	56·3	1[illegible]
„ „ 2	2215	437	1834		
„ „ 3	2322	485	2011		
Abernant, „ 1	2250	406	1863	33·5	1[illegible]
„ „ 2	2247	405	1859		
Mittel	2216	417	1880	46·4	1[illegible]

„Old Blast Furnace“ zu Blaenavon (1863).

Die Beschickung war zehn Jahre hindurch durchschnittlich:

Gerösteter Thoneisenstein . . . . 508 Kilo
Kalkstein . . . . 178 „
Koks . . . . 356 „

36 Gichten gingen in 48 Stunden durch den Ofen bei kaltem W
Auf 1000 Kilo Roheisen wurden verbraucht:

Rohes Erz	3560 Kilo
Kalkstein	1039 „
Steinkohle	1732 „

Die durchschnittliche Production in der Woche war in 10 Jahren)6 180 Kil. und zwar in folgendem Verhältniss:

Nr. 1	14 310 Kilo
Nr. 2	6 660 „
Nr. 3	17 130 „
Graues Frischereiroheisen	18 910 „
Gewöhnliches Frischereiroheisen	31 380 „
Frischereiroheisen	2 215 „
Strahliges Roheisen	2 400 „
Halbirtes Roheisen	1 525 „
Gusswaaren	3 670 „

1 415 900 Cubikmet. kalter Wind wurde wöchentlich gebraucht zur rzeugung der 106 108 Kilo Roheisen. Die Pressung des Windes hwankte zwischen 0·202 Kil. und 0·205 Kil. pr. □ Centim.

11. Südwestliches England, Devonshire, Somersetshire und Cornwall[1]).

Die Erze dieser Gruppe werden sämmtlich exportirt und namentlich Süd-Wales verschmolzen. Dort verwendet man die Spatheisensteine B. diejenigen von Brendon Hills für die besten Eisensorten.

12. Südöstliches England[2]).

Wie die Erze dieses Gebietes ohne Bedeutung sind, so ist es auch Eisenindustrie. Die Erze, wo sie technisch ausgebeutet werden, untergen meist dem Export in die vorher genannten bedeutenden Eisenhütdistricte.

Statistik[3]).

Es sind in England im Jahre 1870 14 602 458 Tonnen (à 20 Centner) isenerz gefördert. (Siehe Tabelle auf Seite 820).

[1]) Vergl. Abthl. I, S. 286. — [2]) Vergl. Abthl. I, S. 287. — [3]) Nach Hunt's neral Statistics.

Ausser diesen 14 602 458 300 Kilo geförderten Erzes sind 211 657 Kilo importirt.

Grafschaft.	District. Nr.	Zahl der betriebenen Hüttenwerke.	Zahl der ruhenden Hochöfen.	betri
Northumberland	2	2	12	
Durham	2 u. 3	12	76	
Yorkshire (Nord-Riding)	5	15	74	
Yorkshire (West-Riding)	6	8	38	
Derbyshire	6	12	43	
Lancashire	4	5	33	
Cumberland	4	7	38	
Shropshire	8	8	29	
Nord-Staffordshire	7	9	36	
Süd-Staffordshire	8	56	171	1
Northamptonshire	9	3	10	1
Lincolnshire	9	3	6	
Gloucestershire	10			
Wiltshire	9	6	17	1
Somersetshire	11			
Nord-Wales	7	3	8	
Süd-Wales (Anthracitdistrict)	10	2	23	
Süd-Wales (Kohlendistrict)	10	22	151	1
Schottland	1	28	156	1

Diese Erze sind in 664 Hochöfen verschmolzen und haben ergeben
ı75 390 Tonnen Roheisen. Diese Production vertheilt sich wie folgt:

...eisen. ...ilo	Bemerkungen[1]).
63 300	
40 500	Hier ist das grösste Werk Consett bei Durham mit 17 Hochöfen, es folgen Clarence und Ferry Hill-Hütte mit je 8 Hochöfen, Powlaw hat 7 Hochöfen; alle verhütten Clevelanderze.
702 000	Die Bolkow, Vaughan u. Co. gehörigen Werke zu Eston, Middlesboro' und Witton-Park haben 18 Hochöfen, South-Bank 9, Newport 7, Clay-Lane und Linthorpe je 6.
956 000	Low Moor sammt Brierley hat 8, Bowling-Hütte 6 Hochöfen.
361 000	Der Butterley-Compagnie gehören 6 Hochöfen.
520 000	Das Werk zu Barrow hat 11 Hochöfen (die alle im Betriebe waren), Kirkless Hall 7.
278 000	Whitehaven und Workington haben je 6 Hochöfen.
05 000	Die der Lilleshall-Gesellschaft gehörigen Werke Lodge Wood und Prior's Lee haben 9 Hochöfen.
52 500	8 Hochöfen hat Biddulph Valley und Shelton-Hütte.
95 500	Zwar hat Bovereux Lower 7 Hochöfen, doch war nur einer davon im Betrieb; 6 Hochöfen besitzt Corngreaves. Die meisten Werke haben nur 2 bis 3 Hochöfen.
59 500	
99 200	
04 800	
80 900	
58 000	Das Verhältniss der betriebenen zu den nicht betriebenen Hochöfen ist ein sehr ungünstiges. Ystalifera mit 11 Hochöfen hatte nur 6 im Gange.
67 000	Zu Dowlais sind 18 Hochöfen, davon waren 16 im Betriebe; die fünf Hütten der Ebbw Vale-Gesellschaft haben sogar 21 Hochöfen, wovon 16 im Betriebe waren, doch stehen nirgend mehr als 6 (Abersychan) zusammen. Cyfarthfa und Ynisfach haben zusammen 11, Plymouth und Duffryn 10, Blaenavon, Rhymey und Tredegar je 9 Hochöfen, 7 besitzen Cwm Avon und Oakwood, Llynoi Vale und Maesteg, Beaufort und Nantyglo.
480 000	Gartsherrie besitzt 16 Hochöfen, von denen 13 im Betriebe waren, Coltness 12, Glengarnock und Monkland je 9, Dalmellington, Calder, Langloan und Summerlee je 8, Carnbroe und Clyde je 6 Hochöfen. Von dem hier erzeugten Roheisen wurden ins Ausland exportirt 234 695 000 Kilo, an Ort und Stelle zu Gusswaaren 302 788 000 Kilo, zu Schmiedeisen 211 341 500 Kilo verbraucht, Rest blieben 675 683 500 Kilo; das Uebrige ging in die anderen Theile Englands, theils zur See, theils auf den Eisenbahnen. Der Export an schottischem Roheisen ist etwa $1/3$ des Gesammtexports aus Grossbritannien.

...sind speciell nur die Werke aufgeführt, welche mehr als 5 Hochöfen besitzen.

Grafschaft.	Erzgruppe. Nr.	Kilo	Bemerkungen.
Cornwall	11	11 394 400	Alles exportirt (besonders nach Süd-Wales).
Devonshire	11	10 357 700	Desgl.
Somersetshire	11	20 056 500	Eine geringe Menge mit Hämatit in Ashton Vale verschmolzen, das übrige nach Süd-Wales exportirt.
Gloucestershire	10	186 452 000	Hiervon sind exportirt (besonders nach Süd-Wales) 2 404 260 Kilo.
Wiltshire	9 u. 12 (?)	103 053 000	
Befordshire	12	39 427 400	
Northamptonshire	9 u. 12	773 478 000	Exportirt wurden 404 300 000 Kilo.
Lincolnshire	9	252 320 000	
Shropshire	9	343 152 000	
Warwickshire	8	17 781 200	
Nord-Staffordshire	8	925 467 200	49 445 000 Kilo geröstetes Erz wurden consumirt, das Uebrige grösstentheils nach Süd-Staffordshire exportirt.
Süd- „	7	457 230 000	
Derbyshire	8	391 048 500	
Lancashire	6	885 956 000	
Cumberland	5	1 240 930 000	Hiervon wurden exportirt: nach Süd-Wales . . . 253 989 000 Kilo „ Staffordshire, Lancashire u. N.-Wales 290 500 200 „ „ Schottland . . . 151 145 500 „ „ Newcastle und Middlesboro . . . 203 274 000 „ „ Frankreich . . . 1 332 070 „
Yorkshire Nord-Riding	6	4 138 320 000	
Yorkshire West- „	4	312 661 000	
Northumberland und Durham	3 u. 4	228 952 000	
Nord-Wales	2 u. 3	60 191 500	
Süd- „	7	669 053 000	
Schottland	10	3 556 230 000	
Irland	1	78 840 000	Wird hauptsächlich nach Cumberland exportirt
		[illegible]	

Deutschland.

Auch die Eisenhüttenwerke Deutschlands schliessen sich im Wesentlichen an die Erzdistricte an, welche in der Abthl. I, S. 325 bis 363 beschrieben worden sind. In älteren Zeiten wurden die Bedingungen zur Errichtung von Eisenwerken neben dem Vorkommen von Eisenerz im Vorhandensein von hinreichenden Waldungen und von Betriebswasser gesucht. Später, als das fossile Brennmaterial das vegetabilische mehr und mehr verdrängte und an Stelle des Wasserrades die Dampfmaschine trat, verfielen die alten Holzkohlenhüttendistricte und neue Werke entstanden auf den Steinkohlenbecken, selbst wenn die Erze aus grösserer Entfernung hinzugeschafft werden mussten, oder es trat der umgekehrte Fall ein und die früheren Holzkohlenhochöfen wurden in Kokshochöfen umgewandelt und die Kohlen oder Koks wurden dorthin gebracht. Allerdings ward letzteres erst ausführbar, als die hinreichende Ausdehnung des Eisenbahnnetzes einen billigen und bequemen Transport möglich gemacht hatte. So ist denn die Holzkohlenroheisenerzeugung immer mehr zurückgedrängt worden und gegenwärtig nur noch von untergeordneter Bedeutung in Bezug auf die Gesammtproduction.

Während im Jahre 1795 alles Roheisen in Preussen bei Holzkohlen erblasen wurde, kamen im Jahre 1841 von einer Gesammtproduction von circa 8 750 000 Kilo 90·4 Proc. auf Holzkohlen-, 0·8 Proc. auf gemischten, 8·8 Proc. auf Koksbetrieb; im Jahre 1851 wurden von circa 30 Millionen Kilo Gesammtproduction bei Koks 2·5 Proc., bei gemischtem Brennmaterial 20·3 Proc. und noch 77·2 Proc. bei Holzkohlen erzeugt. 1861 wurden von 450 Millionen Kilo Roheisen nur noch 16·2 Proc. bei Holzkohle, 12·8 Proc. bei gemischtem Brennstoff, 71 Proc. bei Koks dargestellt und im Jahre 1870 wurden von mehr als 1150 Millionen Kilo über 91 Proc. bei Koks, circa $8^1/_2$ Proc. bei gemischtem Brennmaterial und nur 0·3 Proc. bei Holzkohlen erzeugt.

1 und 2. Der Oberschlesische Eisendistrict.

Die Grundlage der oberschlesischen Eisenindustrie bilden die Seite 325 bis 327 beschriebenen Erze. In den ältesten Zeiten, in denen Hochöfen betrieben wurden, sind hauptsächlich die in den Flussniederungen befindlichen Rasenerze und nur zum Theil die mulmigen Brauneisenerze der Trias verschmolzen worden, während die letzteren gegenwärtig das wesentlichste Material bilden und Rasenerze eine kaum nennenswerthe Bedeutung mehr haben.

Das Eisenhüttenwesen ist in Schlesien schon sehr alt [1]), aber es wurde bis zum Jahre 1718 allein in Form der Rennarbeit in Luppen-

[1]) 1365 lassen sich schon Luppenfeuer nachweisen. Vergl. L. Wachler.

feuern betrieben. Der erste Hochofen ist in dem genannten Jahre in Halemba, ein zweiter 1721 in Kutschan (bei Lublinitz) errichtet worden, später folgten die zu Stahlhammer und Sausenberg, 1753 Malapane, 1754 Creuzbergerhütte u. s. w. 1780 bestanden bereits mehr als 30 Hochöfen, ohne dass doch die Rennarbeit bereits gänzlich erloschen wäre, welche vielmehr erst 1798 ganz zum Erliegen kam [1]).

Das Jahr 1780 war insofern von grosser Bedeutung, als zu dieser Zeit das königl. Oberbergamt von Schlesien unter Leitung des späteren Ministers und Oberberghauptmanns Freiherrn von Reden die Verwaltung der Werke zu Malapane und Creuzbergerhütte übernahm und damit die Entwickelung des Eisenhüttenwesens in einer rationellen Weise begann. Reden hatte in England den Betrieb mit Koks kennen gelernt und liess bereits 1789 Versuche mit diesem Brennmateriale im Hochofen zu Malapane anstellen. Damit war der erste Anstoss zu dem Umschwung des bis dahin nur auf vegetabilisches Brennmaterial basirten Hüttenbetriebes gegeben. Die Versuche hatten günstige Resultate und es wurden nunmehr sofort die Pläne zu einer Kokshochofenanlage zu Gleiwitz von dem damaligen Bau-Inspector, nachmaligen Oberbergrath und Hüttenbau-Director von Schlesien Wedding und dem Assessor Bogatsch entworfen. Der erstere begann 1794 den Bau und blies 1796 den ersten Kokshochofen des gesammten Festlandes von Europa mit Erfolg an. Bereits zwei Jahre später begann derselbe, unterstützt von dem schottischen Ingenieur Baildon, den Bau der Königshütte, wo 1802 die ersten zwei Hochöfen mit Koks angeblasen wurden. 1805 wurde der erste Privathochofen zu Hohenlohehütte, bald darauf ein anderer zu Antonienhütte errichtet.

So war Oberschlesien der Vorkämpfer für die Kokshochofenindustrie für ganz Deutschland und blieb lange Zeit auch das Vorbild für alle anderen Districte. In den vierziger Jahren dieses Jahrhunderts indessen war man auf einem Standpunkte angelangt, auf dem eine gewisse Stagnation eintrat. Die wöchentliche Production aller Hochöfen war auf etwa 40 000 bis 50 000 Kilo gebracht und man glaubte unter den gegebenen Verhältnissen nicht darüber hinauskommen zu können. Stimmen, welche in einer Erweiterung der Gestelle nach englischem Muster einen wesentlichen Fortschritt fanden, verhallten ungehört [2]) und erst, als wie einst Reden, so jetzt der Oberberghauptmann Krug von Nidda auf Durchführung der von ihm selbst in England gesammelten Erfahrungen auf dem fiscalischen Werke Königshütte bestand, begann im Anfang der sechziger Jahre ein neuer Aufschwung des Hochofenbetriebs. 1866 wurde der erste Hochofen mit weitem Gestell zu Königshütte (2·354 Met. zwischen den Formen, 4·708 Met. im Kohlensack, 3·139 Met. an der Gicht) angeblasen und dadurch der Massenproduction die Bahn gebrochen.

---

[1]) Vergl. Abthl. I, S. 558. — [2]) Vergl. Abthl. I.

Während der erste in Königshütte gebaute Ofen, der Redenofen, in seinen ersten zehn Betriebswochen 120 700 Kilo Roheisen erzeugte, lieferte der letztere, der Krug von Niddaofen in derselben Zeit 1 254 400 Kilo, also über das Zehnfache an Roheisen. Schon im Jahre 1869 war die wöchentliche Durchschnittsproduction der oberschlesischen Kokshochöfen auf 100 000 Kilo gestiegen, während einzelne Werke, z. B. Donnersmarkhütte und Redenhütte bereits über 150 000 Kilo, erstere sogar schon beinahe 175 000 Kilo in einem Hochofen producirten.

Die fiscalischen Werke hatten als Vorbilder und Muster für die Privatindustrie lange Zeit hindurch das Ihrige geleistet. Der Zweck war erreicht. Sie konnten fortan nur noch als Concurrenzwerke für die Privatindustrie gelten. Mit Anfang des Jahres 1870 ging Königshütte in Privatbesitz über [1]).

a) Kokshochöfen.

Die Kokshochöfen Oberschlesiens liegen zumeist auf der Steinkohlenmulde oder nahe den Grenzen derselben.

Das Steinkohlengebirge, welches in dem grossen zusammenhängenden Gebiete zwischen Zabrze, Ruda, Königshütte und Siemanowitz und in kleinen Gebieten bei Czernitz, Birdultan und Niedobschütz, sowie bei Czerwionka und Nicolai zu Tage tritt und sich auf noch unbekannte weite Erstreckungen unter die Muschelkalk- und Tertiär- und Diluvialbedeckungen fortsetzt, bildet im Hauptgebiete vier Hauptrücken oder Flötzberge, von denen der östlichste bei Zabrze backende Kohlen enthält, während in dem folgenden zu Königshütte die Kohlen in Sinterkohlen und weiter östlich bei Laurahütte und Rosdzin in Sandkohlen übergehen.

Man verkokt zwar der Regel nach alle Kohlen, aber kann zu dieser Operation nur Stückkohlen verwerthen, wo die Kohle nicht wie bei Zabrze backende Eigenschaften besitzt.

Die Versuche, Rohkohlen anzuwenden, sind mit Recht vielfach wiederholt worden, haben aber bisher nur auf einigen Werken [2]) hinreichend günstige Resultate gegeben, ohne dass eine allgemeine Einführung dadurch erzielt worden wäre. Es ist indessen kaum daran zu zweifeln, dass man auf allen Hochöfen, welche entfernter von Zabrze liegen, doch in Zukunft zu einem Betriebe mit Rohkohlen gelangen wird.

---

[1]) Die Anmerkung Percy's, Original S. 566, zu der ihm von dem Bearbeiter gelieferten Schilderung der preussischen Eisenwerke, dass die preussische Verwaltung ebenso ihr eigenes pecuniäres Interesse zu wahren verstehe, als Private, und sich nicht scheute, mit denselben in lebhafte Concurrenz zu treten, ist gewiss richtig, da ohne diesen Grundsatz auch ein entsprechender Hüttenbetrieb nicht möglich ist, aber die preussische Verwaltung hat nie den wichtigen Zweck, Fortschritte anzubahnen, aus dem Auge verloren und wenigstens immer versucht, die fiscalischen Werke an die Spitze der technischen Entwickelung zu stellen.

[2]) Antonienhütte, Friedenshütte, Gleiwitz.

Die Hochöfen haben 15·06 bis 15·69 Met. Höhe, nur zu Antonienhütte sind durch locale Verhältnisse bedingt die Dimensionen geringer (durchschnittlich 13·18 Met.).

Als Erze werden vorzugsweise die mulmigen Brauneisenerze des Muschelkalks, nebensächlich nur die Thoneisensteine der Steinkohlen-, Keuper-, Jura- und Tertiärformation, als wesentlicher eisenhaltiger Zuschlag Schlacke, und zwar theils Puddel- und Schweissofenschlacke, theils alte Rennfeuer- und Frischfeuerschlacke verwendet. Als unhaltiger Zuschlag dient der Muschelkalkstein und wenn eine schwerschmelzige Beschickung erzielt werden soll, der Dolomit derselben Formation.

Neuerdings werden Rotheisensteine von Willmannsdorf, versuchsweise auch schwedische Magneteisenerze und ungarische Spatheisensteine verwendet, welche bei Erzeugung eines guten Roheisens ein Auflockerungsmittel für die mulmigen und daher dicht liegenden Brauneisenerze an Stelle der für mittlere und schlechtere Roheisensorten gebrauchten Schlacken abgeben.

In Folge des geringen Eisengehalts der Erze und ihres Reichthums an kieselsaurer Thonerde braucht man eine grosse Menge von Kalkzuschlag, gewöhnlich 40 Proc. Kalkstein, aber auch darüber. Die sämmtlichen Hochöfen arbeiten jetzt mit Gichtgasentziehung und heissem Winde, die meisten haben freistehendes Gestell, geschlossene Brust und Lürmann'sche Schlackenform. Zinkische Ofenbrüche, Zinkstaub und Ofenblei bilden werthvolle Nebenproducte.

Von den hierhin gehörigen Werken ist nur noch eins, Gleiwitz, im Besitze des Fiscus, der dasselbe hauptsächlich als Hülfswerkstätte für seine Kohlenbergwerke benutzt.

Königl. Eisengiesserei bei Gleiwitz: Es bestanden dort bisher zwei Hochöfen, welche mit allmälig immer mehr erweiterten Dimensionen zugestellt worden sind. Der neueste Hochofen, welcher in der Folge nur noch allein arbeiten soll, ist mit freistehendem Kernschacht in folgenden Dimensionen zugestellt [1]):

Höhe des Ofens	14·437 Met.
„ „ Kohlensacks über dem Bodenstein	5·963 „
„ der Formen über dem Bodenstein	0·993 „
„ „ Schlackenform über dem Bodenstein	0·732 „
Weite der Gicht	3·923 „
„ des Kohlensacks	5·321 „
„ „ Gestells vor den Formen	2·563 „
Stärke des freistehenden Gestells	0·941 „
„ „ „ Kernschachtes	von 0·784 bis 0·941 „

[1]) Die Zustellung des jetzt noch im Betriebe befindlichen Ofens ist S. 713 angegeben.

Der Ofen wird mit acht gleichmässig vertheilten Formen von 68 Millimeter Durchmesser blasen. Der Wind wird eine Pressung von 0·22 Kilo pr. □Zoll und eine Temperatur von 250° C. haben.

Zur Winderhitzung dienen Hängeröhrenapparate [1]), welche durch Gichtgase, ebenso wie die Dampfkessel für die Gebläsemaschinen geheizt werden.

Im Jahre 1870 wurde an Roheisen und Gusswaaren erster Schmelzung in zwei Hochöfen 14 268 450 Kilo Roheisen, also wöchentlich pr. Ofen circa 136 800 Kilo erzeugt. Die wöchentliche Production hat sich jetzt schon über 150 000 Kilo gesteigert und in dem neuesten Hochofen hofft man mindestens 250 000 Kilo zu erreichen. Das Eisen ist grösstentheils ein weissstrahliges Roheisen [2]), welches zum Verpuddeln verkauft wird, während man für die Giesserei eine bedeutende Menge grauen Roheisens ankauft.

Privatwerke: Unter den Privatwerken ist das bis Anfang 1870 fiscalische Werk Königshütte das bedeutendste. Es besitzt sieben Hochöfen, welche zum Theil sehr lange Betriebszeiten aufzuweisen haben, daher auch sehr verschiedenartig zugestellt sind. Alle Oefen haben Gichtgasentziehung, werden mit heissem Winde [3]) betrieben, besitzen geschlossene Brust und meist Wasserkühlung des freistehenden Gestells. Nur der neueste Hochofen hat einen freistehenden Kernschacht.

Die Dimensionen des neuesten Hochofens sind folgende:

Gesammthöhe	18·831	Meter
Höhe des Kohlensacks über dem Bodenstein	6·277	„
Höhe der Formen über dem Bodenstein	1·255	„
Dtr. der Gicht	3·766	„
Dtr. des 3·766 Met. hohen cylind. Kohlensacks	5·649	„
Dtr. des Gestells vor den Formen	2·668	„
Gestellmauerstärke	0·942	„
Kernschachtmauerstärke	0·811 — 0·942	„

Der Ofen arbeitet mit acht gleichmässig vertheilten Formen, hat Lürmann'sche Schlackenform und Parry'schen Gichtgasfang.

Im Jahre 1872 producirte die Königshütte auf 6 Hochöfen 57 250 000 Kilo Puddlingsroheisen. Die Erze (einschliesslich Schlacken) werden zu 32·47 Proc. ausgebracht und man verbraucht auf 100 Kilo Roheisen 131 Kilo Zuschläge und 183·55 Kilo Koks.

Laurahütte, 1838—39 nach den Plänen des 1872 verstorbenen Geh. Oberregierungsraths Wedding erbaut [4]), ¾ Meile von Königshütte

---

[1]) Vergl. Seite 114. — [2]) Siehe die Analysen Seite 766. — [3]) Die Winderhitzungsapparate sind theils Hosenröhren, theils Pistolenröhren, theils westphälische, theils Hängeröhrenapparate, vergl. S. 114. — [4]) Verhandlungen des preussischen Gewerbe-Vereins 1872.

und mit derselben durch Locomotiv- und Rossbahn, sowie durch C
verbunden, gehört jetzt derselben Actien-Gesellschaft. Sie besit
Hochöfen, von denen 1872 zwei in Bau, sechs in Betrieb waren, i
nur etwa 35 000 000 Kilo Roheisen erzeugten, da erst drei derse
den Dimensionen hinreichend erweitert waren, während die
drei noch die früher gebräuchlichen engen Verhältnisse hatten.
schickung wird mit 30·9 Proc. ausgebracht und auf 100 Kilo R
verbraucht man 126 Kilo Zuschläge und 184 Kilo meist von Zal
zogene Koks.

Aus der folgenden Tabelle geht die Production der hierhin
gen Privathüttenwerke im Jahre 1870 hervor:

Namen der Hütten.	Hochöfen		Production.
	in Betrieb	ausser Betrieb	Kilo
Königshütte	**5**	2	**47 854 800**
Laurahütte	**4**	2	**25 530 000**
Antonienhütte [1]	**4**	—	**22 372 950**
Hubertushütte	**3**	1	**19 311 600**
Donnersmarkhütte	**2**	2	**19 066 200**
Redenhütte	**2**	—	**14 347 300**
Tarnowitzerhütte	2	2	12 960 000
Friedenshütte	3	—	12 794 850
Borsigwerk [2]	2	—	10 551 950
Eintrachtshütte	2	—	10 093 700
Berthahütte	1	—	4 076 950
Bethlen-Falvahütte	1	—	3 439 500
Kattowitzerhütte	1	—	1 392 550

Das durchschnittliche Ausbringen der oberschlesischen Eisen
betrug im Jahre 1870 [3]) bei den Holzkohlenhochöfen 27 bis 36 Pr
den Kokshochöfen 28 bis 31 Proc., der Aufwand an Holzkohle 1·
Gewthle., an Koks 1·8 bis 2·2 Gewthle. auf 1 Gewthl. Roheisen.

b) Holzkohlenwerke.

Die Holzkohlenhochöfen Oberschlesiens schliessen sich an die
eisensteinvorkommnisse nördlich und südlich des Steinkohlenrevi

[1]) Mit rohen Kohlen arbeitend, vergl. preuss. Zeitschr. f. Berg-, Hü
Sal.-Wes. 1870, S. 1. — [2]) Gegenwärtig mit vier Hochöfen. — [3]) Zeitschr.
schlesischen Berg- u. Hüttenm. Vereins. 1871, S. 11.

Neben diesen Eisensteinen verhütten dieselben indessen meist auch noch mulmige Brauneisenerze des Muschelkalkes.

Die Holzkohlen werden vorzüglich aus Kiefern, weniger aus Fichten und Birken gewonnen. Die Gichtgase werden der Regel nach nur als Gichtflamme an der Gicht zur Erhitzung des Windes, seltener zur Dampferzeugung benutzt, vielmehr dient Wasserkraft gewöhnlich zum Betrieb der Gebläsemaschinen. Der grösste Theil dieser Hütten vergiesst das erzeugte graue Roheisen direct aus dem Hochofen.

Malapane, bis 1873 fiscalisch. Der schon sehr alte Hochofen ist seit 1868 mit freistehendem Gestell und Wasserkühlung versehen und erzeugt aus mulmigem Brauneisenerz und Thoneisenstein bei Holzkohlen graues zur Giesserei aus einem Schöpfheerd direct verwendbares Roheisen bei heissem Winde erblasen.

Der Hochofen ist durch die Aufsätze Wachler's [1]) sehr bekannt geworden. Er hatte einst Weltruf durch die directe Erzeugung von Hartwalzen [2]). In dem lange Zeit mit einer Mischung von Holzkohle und Koks, jetzt nur mit Holzkohle betriebenen Hochofen werden Braun- und Thoneisenerze (von 22·2 Procent Eisengehalt) verarbeitet und das erzeugte Roheisen bei einer wöchentlichen Production von 12 500 bis 13 000 Kilo, bei einem Aufwande von 80 Kil. Kalk und circa 1 Cubikmeter Holzkohle auf 100 Kil. Roheisen, direct zu Gusswaaren verwendet.

Die Privatwerke liegen meist ganz zerstreut in den Wäldern Oberschlesiens, wie sich aus folgender Zusammenstellung nach Kreisen ergiebt:

Im Kreise:	Hochöfen		Production 1870
	in Betrieb	ausser Betrieb	Kilo
Gr. Strelitz	3	2	2 495 600
Rosenberg	2	1	2 113 900
Gleiwitz	3	4	1 987 150
Lublinitz	3	4	1 808 650
Beuthen	1	—	1 631 400
Kreuzburg	1	—	1 143 050
Rybnik	1	—	761 000
Oppeln	1	—	529 800

1) Wachler, die Eisenerzeugung Oberschlesiens 1847. Geschichte des ersten Jahrhunderts des Hüttenwerkes Malapane 1853 bis 1854. Betrachtungen über die Lage des Hochofenbetriebes 1857.

2) Die Walzen gingen bis nach Nordamerika.

3 und 4. Niederschlesien.

Auf der Niederschlesischen Steinkohlenmulde, deren Steinkoh
vorzüglichen Koks liefert, dass dieselben sogar nach Oberschlesien v
det werden, liegt doch nur ein einziges Hochofenwerk, die Vorwär
bei Waldenburg, welche circa 7 750 000 bis 8 250 000 Kilo jährl
Roheisen in einem Hochofen erzeugt und dazu theils die Magne
steine von Schmiedeberg, theils die Rotheisensteine von Willman
theils die nicht reichlichen Vorkommnisse von Sphärosideriten un
leneisenstein des Steinkohlengebietes verwendet. Das Werk ist 18
1857 erbaut, besitzt zwei Hochöfen, von denen indessen der Rege
nur einer im Betriebe steht.

5a. Das sächsische Erzgebirge.

Die Abthl. I, S. 352 beschriebenen Eisenerzlagerstätten des l
birges liefern nur wenigen Eisenhütten hinreichendes Material.
diesen ist die zu Erla bei Schwarzenberg, ein auf Holzkohlen ge
deter Hochofenbetrieb besonders hervorzuheben, welchem als Materi
vorzüglichen Rotheisensteine dienen, die im Rothenberge auf der (
zwischen Granit und Gneiss auftreten. Die Magneteisenerze von
giesshübel werden neuerdings ebendaselbst verschmolzen.

Bereits am Fusse des Erzgebirges auf der Zwickauer Steink
mulde liegt die Königin-Marienhütte, ein sehr bedeutendes Eise
mit zwei Hochöfen, welches sich indessen weit geringer aus den
steinvorkommnissen des Erzgebirges, als vielmehr aus Bayern mit
steinen, namentlich den Vorkommnissen von Hof etc., welche Al
S. 355 geschildert sind, sowie mit Erzen aus dem Thüringer Wald
sorgt.

Zur Darstellung von grauem Bessemerroheisen gattirt man[1]:

30 Proc. Spatheisenstein aus dem Voigtlande, zum Theil stark verw
30 „ „ von Thüringen (Kamsdorf, Cönitz und I
stein).
20 „ Rotheisenstein von Stenn bei Zwickau.
20 „ „ von Eibenstock im Erzgebirge.

Die Beschickung mit 30 Proc. Kalkzuschlag hat 35 Proc.
gehalt.

Dagegen zur Erzeugung von gewöhnlichem weissstrahligem F
reiroheisen:

[1]) Vergl. Dürre, Notizen. Preuss. Zeitschr. f. Berg-, Hütten- u. S
1867, S. 256.

30 Proc. Sphärosiderit der Steinkohlenformation (geröstet),
40 „ Brauneisenstein (geröstet) aus dem Voigtlande,
15 „ Rotheisenstein von Stenn
15 „ Schweissofenschlacken.

Die Beschickung mit 45 bis 50 Proc. Kalkstein von Krimmitschau
at 40 bis 42 Proc. Eisengehalt. Die Hochöfen sind

16·818 Meter hoch,
2·825 „ weit an der Gicht,
3·280 „ „ im Schacht,
2·034 „ „ im Obergestell,
1·569 „ „ am Boden.

Sie werden mit sechs Formen betrieben, welche bei der Bessemer-
oheisenfabrikation 0·0915 Met., sonst 0·1176 bis 0·1308 Met. Weite
ben. Die Windpressung beträgt 0·0785 bis 0·1046 Met. für ersteres,
1308 bis 0·1569 Met. für letzteres, die Temperatur 300 bis 350° und
0 bis 300° C. Die Gichtgase werden durch Glockenapparate entzogen.

5. Die Hütten des Thüringer Waldes und des Harzes.

Die als Gruppe preussischer Vorkommnisse, Abthl. I, Seite 328 und
sserdem S. 351 geschilderten Eisensteinlagerstätten haben seit sehr
ten Zeiten die Grundlage für Holzkohlenhochofenbetrieb gebildet. Mit
r Abnahme der Wälder und bei Zunahme der Concurrenz der günsti-
r gelegenen Hochöfen in den Steinkohlendistricten ist dieser Betrieb
lmälig zurückgegangen, hat sich nur an wenigen Stellen lebensfähig
halten und nur an einzelnen Punkten hat eine auf Zufuhr von fossilem
rennmaterial gegründete neue Hüttenindustrie entstehen können.

a. Thüringer Wald.

Der sehr unbedeutende Hochofenbetrieb lieferte hier auf drei Wer-
n im Jahre 1870, zwei in Sachsen-Coburg-Gotha, eins in Schwarzburg-
ndershausen, kaum 1 200 000 Kilo Roheisen. Neue Eisenbahnverbin-
ngen eröffnen jetzt eine bessere Zukunft, sei es für Verhüttung der
rze an Ort und Stelle, sei es für deren Ausfuhr.

b. Harzgebirge.

Günstiger gestaltete sich noch der Betrieb der Hüttenwerke, welche
Eisenerzlagerstätten des Harzes verarbeiten.

Hier existirten 1870 vier fiscalische (vormals hannoversche) Hüt-
n, nämlich Königshütte bei Lauterberg, Rothehütte bei Elbingerode,

Altenauer und Lerbacher Eisenhütte, von denen indessen gegenwärtig nur noch Rothehütte und Lerbacher Eisenhütte vom Fiscus fortbetrieben werden und nur Rothehütte Hochofenbetrieb besitzt. Die sämmtlichen Hütten sind im 17. und 18. Jahrhundert zur Verwerthung der sonst nicht nutzbaren Holzbestände angelegt worden.

Rothehütte besitzt zwei Hochöfen. Eine genaue Beschreibung davon findet sich in der preussischen Zeitschrift für Berg-, Hütten- und Salinen-Wes. 1871, Seite 68 von Jüngst. Einer der Hochöfen war auf Koksbetrieb eingerichtet worden. Als man indessen erkannte, dass dies Brennmaterial hier nicht mit ökonomischem Vortheil zu verwerthen sei, ging man ohne Aenderung der Ofenform wieder auf den Holzkohlenbetrieb zurück, und hatte so günstige Resultate, dass man bei der Neuzustellung desselben Ofens nur geringe Abweichungen vornahm.

Er hat nur 12·85 Met. Höhe, der 2·34 Met. weite Kohlensack ist 3·35 Met. hoch, cylindrisch, und liegt 3·36 Met. vom Bodenstein. Die Gicht hat 1·75 Met., das Gestell vor den Formen 0·75 Met. Dtr. Zwei Formen von 4·9 Cent. Dtr. blasen einen auf 2 Cent. Quecksilberdruck gepressten, 300° C. heissen Wind ein. Auf 125 Kilogr. fichtene Holzkohlen kommen 488 Kilo Beschickung von 30·3 Proc. Eisengehalt. Die Beschickung besteht aus Eisensteinen der Elbingeröder Lager. Dies sind theils kalkige Rotheisensteine von 20 bis 30 Proc., welche zum Theil geröstet, zum Theil ungeröstet verwendet werden, ferner kieselige und kieselkalkige Rotheisensteine mit 30 bis 50 Proc. Eisen, geröstet, und endlich thonige, kalkige und kieselige Brauneisensteine mit 36 bis 45 Proc. Eisen, ungeröstet. Als Zuschlag dient Iberger Kalk. Diese Beschickung enthält nach Hampe:

Kieselsäure	20·324
Kalkerde	10·184
Thonerde	9·890
Wasser	1·460

In 24 Stunden werden 4350 Kil. tiefgraues Giessereiroheisen producirt.

Das Roheisen enthält nach Hampe:

Graphit	2·279
Chemisch gebundenen Kohlenstoff	0·881
Silicium	1·409
Schwefel	0·013
Phosphor	0·223
Mangan	0·010

Die sehr dünnflüssige Schlacke ist nach dem Erkalten glasig, von dunkelgrauer Farbe und an den Kanten violett durchscheinend. Sie enthält nach Hampe:

Kieselsäure	52·112	Proc.
Kalkerde	31·350	„
Thonerde	12·414	„

Im Jahre 1870 war ein Hochofen das ganze Jahr hindurch, der andere 20 Wochen im Betriebe und beide zusammen producirten 1 561 250 Kilo Roheisen, durchschnittlich pr. Woche 50 600 Kilo.

Privatwerke. Während früher das fiscalische Werk Königshütte unter ganz ähnlichen Verhältnissen, aber in Folge der weiteren Entfernung der Hütte von den Erzlagerstätten unter weit ungünstigeren Bedingungen arbeitete, gründet sich noch jetzt der Betrieb des Hochofenwerkes zu Rübeland und der gräflich Stolberg'schen Hütte zu Ilsenburg auf die bei Elbingerode und am Büchenberge auftretenden Roth- und Brauneisenerze.

Der Hochofen zu Ilsenburg producirte im Jahre 1870 1 700 000 Kilo Roheisen, von dem über die Hälfte zu Gusswaaren verbraucht wurde. Zu den Kunstgusswaaren, welche seit lange dem Werke einen Weltruf verschafft hatten, ist neuerdings auch eine ausgedehnte Production von Massenguss getreten [1]).

Einzelne Verhältnisse dieses Werkes, dessen Hochofen neuerdings in veränderter Form mit freistehendem Gestell zugestellt worden ist, sind im Vorhergehenden ausführlich behandelt [2]). Sowohl diese Hütte, als die zu Rübeland arbeiten mit Holzkohlen, wenden erhitzten Wind und Gichtgasentziehung an.

c. Werke des Harzrandes.

An die Werke, welche die Erze aus dem Inneren des Harzgebirges verarbeiten, schliessen sich diejenigen an, welche die der Kreide und dem Jura angehörigen Bohnerze des Harzrandes verwenden.

Unter diesen ist die Mathildenhütte bei Harzburg das älteste; vor wenigen Jahren sind die Hütten zu Salzgitter mit gegenwärtig zwei und Othfresen am Ostabhange des Gebirges mit vier Hochöfen, welches letztere Werk erst um Mitte des Jahres 1872 angeblasen worden ist, entstanden. Hierzu ist auch die Ilseder Hütte bei Peine mit ihren im Senon auftretenden Bohnerzen zu rechnen.

Alle diese Werke arbeiten mit Koks. Sie haben eine grosse Schwierigkeit beim Hochofenbetriebe zu überwinden, welche aus der Beschaffenheit der Bohnerze entsteht. Die kleinen glatten Körperchen derselben rollen leicht der übrigen Beschickung voran und erzeugen dadurch Rohgang.

---

[1]) Vergl. Zeitschr. f. Berg-, Hütten- und Sal.-Wes. Bd. 19, S. 1.

[2]) Conf. z. B. unter Auslaugung und Röstung der Erze.

[illegible] Hütte [illegible] im Jahre [illegible] [illegible] Kilo Roheisen. Im Jahre [illegible] [illegible] Roheisen.

[illegible] [illegible] folgende Zusammensetzung[1]:

[illegible]	[illegible] Proc. = [illegible] Proc.
[illegible]	[illegible] „
[illegible] Kalk	[illegible] „
[illegible]	[illegible] „
[illegible]	[illegible] „
Wasser	[illegible] „

Das [illegible] Harzburg im unteren Lias vorkommende Erzlager [illegible] Met. Mächtigkeit. Als Zuschlag dient Kalk aus der Juraformatio[illegible] 97·3 Proc. kohlensauren Kalk. Als Brennmaterial dienen Koks, [illegible] westphälischen Kohlen auf der Hütte dargestellt werden. Si[illegible] halten 9 Proc. Asche.

Der neue Kokshochofen ist 17·262 Met. hoch, 5·336 Met. im [illegible] 3·505 Met. an der Gicht, 1·524 Met. im Gestell weit. Die Formen liegen 1·020 Met. über dem Boden des Ofens, der mit [illegible] Schlackenform versehen ist.

Auf eine Gicht setzt man 1250 Kilo Koks und 1900 Kilo Er[illegible] Zuschlag (letzterer circa 36 Proc. des Erzquantums). Das Ausb[illegible] aus der Beschickung beträgt 29 Proc., die tägliche Production [illegible] Kilo dunkelgraues Roheisen. Auf 100 Kilo Roheisen verbraucht 170 Kilo Koks. Die Schlacke ist hellgrau, das Roheisen enthält

Phosphor	1·289 Proc.
Schwefel	0·047 „
Silicium	2·013 „
Graphit	3·479 „
Chemisch gebundenen Kohlenstoff	0·543 „

6. Die Raseneisenerzwerke des Flachlands.

Die Raseneisenerze der norddeutschen Tiefebene, deren Vorko[illegible] Abthl. I, S. 329, 330 und 350 geschildert ist, werden nur da verwe[illegible] wo ein reichliches Vorkommen und ein billiger Brennmaterialbezug Hochofenbetrieb rentabeler macht als den Bezug fremden Roheisen[illegible] dessen Umschmelzung im Cupolofen. Die Werke sind daher seh[illegible] streut. Nur einige der wichtigsten werden hier Erwähnung finden

[1] Kerpely, Fortschritte 1869, S. 139.

Ganz an der Ostgrenze des deutschen Reiches befindet sich zu Wondollek ein kleines fiscalisches Hüttenwerk, welches Raseneisenerze verschmilzt und daraus Gusswaaren erzeugt.

Im Schlesischen District ist Neusalz a. d. Oder hervorzuheben, welches wie die meisten der gleichartigen Werke seinen Schwerpunkt in der Erzeugung von Geschirr- und Ofenguss findet, zu welchem sich die phosphorhaltigen Erze besonders eignen. Uebrigens producirten im Regierungsbezirk Liegnitz 1870 zehn Holzkohlenhochöfen beinahe 9 000 000 Kilo Roheisen und Gusswaaren. Die früher recht zahlreichen Hochöfen der Mark Brandenburg sind gegenwärtig gänzlich zum Erliegen gekommen. Im Regierungsbezirk Merseburg ist das durch seine vorzüglichen Gusswerke, nicht nur in Eisen, sondern auch in Bronze berühmte Werk zu Lauchhammer hervorzuheben. Von den zwei Hochöfen desselben war 1870 nur einer in Betrieb und producirte bei Holzkohlen etwas über 1 200 000 Kilo Roheisen und Gusswaaren.

Weiter nach Westen zu haben dann die Werke in der Landdrostei Osnabrück eine besondere Bedeutung. Zu erwähnen ist bei denselben namentlich der früher mit Erfolg durchgeführte Betrieb mit verkohltem Torf, an dessen Stelle aus ökonomischen Rücksichten später Koksbetrieb getreten ist. Die Eisenhütte zu Meppen erzeugte 1870 in einem Hochofen 6 175 000 Kilo, die zu Wietmarschen 5 200 000 Kilo.

Während die östlicher gelegenen Raseneisenerzhütten noch gegenwärtig meist Holzkohle als Brennmateriel verwerthen, gebrauchen die zuletzt genannten Koks.

In der Emscher-Niederung liegt endlich noch der zu den Oberhausener Werken gehörige Hochofen zu Sterkrade, welcher ebenfalls Raseneisenerze verschmilzt und daraus Gusswaaren erzeugt.

7. Eisenhütten-Gruppe der Wesergebirge, des Teutoburger Waldes und der mitteldeutschen Triaszone.

So verschiedenartig die Abthl. I, S. 329, 330, 350 u. 351 beschriebenen Vorkommnisse dieses Gebietes [1]) sind, so sehr weichen auch die Grundlagen der Hüttenwerke, welche dieselben verarbeiten, von einander ab.

Das breite Gebiet der westlich vom Harz und Thüringer Walde gelegenen Triasgesteine mit den sie durchbrechenden Basalten und den inselartig sich hervorhebenden Zechsteingebieten führt an mehreren Stellen nicht unbedeutende Eisenerzlagerstätten, welche durch die Hüttenwerke zu Veckerhagen, Holzhausen und Biber, die bis vor kurzer Zeit sämmtlich fiscalisch waren, von denen aber jetzt nur noch Biber

---

[1]) Vergl. auch des Verfassers Catalog für die Sammlung der Bergwerks- und Steinbruchsproducte Preussens auf der Ausstellung zu Paris 1867.

im Besitz des preussischen Fiscus geblieben ist, sowie von einig werken ausgenutzt werden.

Das Hüttenwerk zu Veckerhagen verschmolz früher bei E die Eisensteine der Gegend von Hofgeismar, welche theils a schem Rotheisenstein, theils aus thonigem Sphärosiderit und B stein bestehen und sowohl der Trias-, als der mit Basalten i Zusammenhange stehenden Tertiärformation angehören. Das Versuche Bunsen's und die Einrichtungen Pfort's [1]) seit lange Werk hat endlich wie viele ähnliche den Hochofenbetrieb wege an Holzkohlen aufgeben müssen. Vorzüglich sind die mit Basa flächlich auf Muschelkalk, vorkommenden, als tertiär zu beze Bohnerze zu Holzhausen entwickelt. Die Wäsche, welche aufbereitet, ist S. 516 beschrieben. Der Holzkohlenhochofen Jahre 1870 1020550 Kilo Roheisen und Gusswaaren. Man v für 100 Kilo:

52 Kilo Eisenstein,
37 „ Bruch- und Wascheisen,
7 „ Frischschlacken,
24 „ Zuschlags- (Muschel-) Kalkstein,
13 „ oder 0·0263 Cubikmet. lufttrocknes Holz u
77 „ oder 0·2359 Cubikmet. Holzkohlen.

Das Roheisen enthielt:

2·08 Proc. Silicium,
3·36 „ Graphit,
0·42 „ chem. geb. Kohlenstoff,
0·13 „ Schwefel,
0·18 „ Phosphor,
0·46 „ Mangan.

Biber. Die am Fusse des Spesshardt im Kreise Gelnhausen bindung mit Zechstein vorkommenden Spatheisensteine sind sehr licher Beschaffenheit und geben leicht Spiegeleisen.

Die Erze werden zum grössten Theile exportirt und an die Westphalens verkauft und nur zum kleinen Theil in einem Hoch Ort und Stelle bei Holzkohle verschmolzen. Dort erzeugtes Rohst ergab nach einer Analyse von Bagt [2]):

Kohlenstoff	3·758	Calcium	
Eisen	87·997	Kupfer	
Mangan	6·555	Arsen	
Phosphor	0·578	Magnesium	
Silicium	0·497	Antimon	
Schwefel	0·171	Silber, Blei, Wismuth	

[1]) Siehe S. 217 u. 334. — [2]) Berg- und Hüttenm. Zeit. 1867, S. 72.

Die am Wesergebirge bei der Porta Westphalica auftretenden Sphärosiderite bilden dort das Material für einen Kokshochofenbetrieb.

Ebenso werden die Abthl. I, S. 330 beschriebenen Eisenerze des Teutoburger Waldes bei Willebadessen verschmolzen.

Von bedeutender Wichtigkeit sind indessen nur die zwischen den nördlichen Ausläufern beider Gebirgszüge bei Ibbenbüren im Zechstein auftretenden Lagerstätten, welche die Grundlage der Georgs-Marienhütte bilden.

Dieses seit 1858 in Betrieb stehende Werk [1]) besitzt sechs Hochöfen, von denen der Regel nach fünf in Betrieb sind.

Die Erzmöllerung hat nur 23 bis 25 Proc. Eisengehalt, und besteht aus mulmigen Brauneisenerzen und aus festem Eisenspath. Die Kohlen werden auf den Hütten verwaschen und verkokt. Durch die Aufbereitung wird der Aschengehalt der Kohlen von 10 bis 12 auf $4^1/_2$ bis 5 Proc. gebracht. Auch hier haben die ursprünglich angelegten Hochöfen vielfache Umänderungen erfahren. Aus einem eingemauerten Gestell mit drei Formen ist man in ein freistehendes mit sieben Formen übergegangen. Bei den meisten Oefen ist an Stelle des Rauhgemäuers aus Quadersteinen ein eiserner Mantel getreten. Statt des oben zusammengezogenen Schachtes hat man einen cylindrischen gewählt. Die wassergekühlte Schlackenform ist hier von Lürmann erfunden worden. Die im Jahre 1870 in Betrieb gesetzten Hochöfen haben folgende Dimensionen:

Der fünf Meter weite cylindrische Schacht ist 9·285 Meter hoch. Das 1·700 Met. weite Gestell steigt bis zur Schlackenform 0·850 Met. cylindrisch auf. Die acht Formen liegen 1·249 Met. über dem Bodenstein und der Ofen erweitert sich gleichmässig bis zu dem 6·548 Met. über dem Formenniveau beginnenden Schachte, so dass die Gesammthöhe des Ofens 16·982 Met. ist.

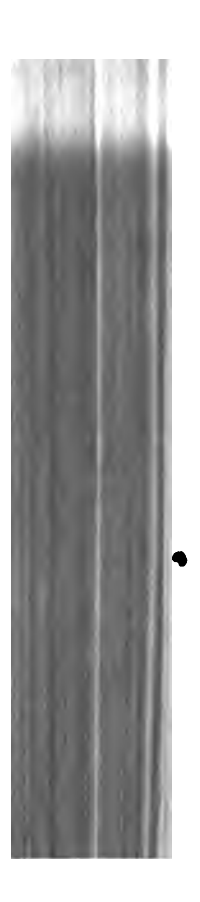
Die Gase werden durch ein eingehängtes centrales Rohr entzogen, welches etwa 2·825 Met. tief in den Ofen reicht. Der Wind wird in fünf liegenden Gebläsemaschinen mit Windcylindern von 2·040 bis 2·825 Cubikmet. Dtr. erzeugt. Zur Winderwärmung dienen Hängeröhrenapparate, welche denen zu Königshütte (vergl. S. 114) ähnlich, aber in Bezug auf die Verbindungsstücke der einzelnen Stränge dadurch verbessert sind, dass das Herausnehmen des einzelnen Rohres noch mehr erleichtert wird.

Die Hochofenschlacke wird granulirt und zur Anfertigung von Bausteinen auf einem nahe gelegenen Werke verbraucht.

Die höchste Durchschnittsproduction ist pr. Ofen täglich 55 000 Kilo. Im Jahre 1870 wurden auf vier Hochöfen 43 699 000 Kilo Roheisen erzeugt, dessen wichtigste Verwendung die zum Bessemerbetriebe ist.

---

[1]) Vergl. Georgs-Marienhütte bei Osnabrück, v. Funk und Wintzer, Hannover 1872.



gründet [1]).

1849 bis 1851 wurde das allerdings mehr zum
gehörige Werk Hochdahl erbaut und 1851 in Betrieb
1854 Hörde, dessen beide ersten Hochöfen 1855 in Bet

Schnell vermehrte sich die Zahl der dortigen H
sten entstanden in den Jahren 1857 bis 1859. D
auch der von dem Steinkohlengebiete gelieferte Eisens
aus und es begann mit dem Transport der Rotheisene
die Verwerthung auswärtiger Eisensteine, denen bald n
nöthigen Eisenbahnen die Spatheisensteine des Siegerla
Gegenwärtig genügen aber selbst alle diese reichen S
Befriedigung des Bedürfnisses und der Import noch
selbst spanischer, afrikanischer und schwedischer Erze
nen, nachdem durch den Bau weiter Oefen seit etwa
Massenproduction eingeführt worden ist.

Das stets im verkokten Zustande angewendete Bre
das westphälische Steinkohlengebirge, welches flötz
Hamm und dem Rhein an die Oberfläche tritt; auf d
westseite von älteren Schichten begrenzt, nach Norden
unter jüngeren Kreide-, Tertiär- und Diluvialschichte
ist es unter den letzteren weithin nicht nur erbohrt, s
schon im Abbau. Das in vielen Falten abgelagerte S
bildet drei grössere Hauptmulden. In der nördliche
Hauptmulde finden sich in den oberen Flötzen Backkoh
ren Sinter- und Sandkohlen. In der südlichen Mulde
vor. Die Backkohlen liefern hinreichendes Material

…ungs- …rk	Betriebene Werke	Hochöfen in Betrieb	Hochöfen ausser Betrieb	Arbeiter	Hochofenproduction			Davon sind erblasen mit		
					Masseln und Bruchstücke Kilo	Gusswaaren Kilo	überhaupt Kilo	Koks Kilo	Holzkohle Kilo	Holzkohle und Koks Kilo
…r . .	1	1	3	—	479 300	—	479 300	—	—	479 30
…rg . .	11	18	2	1891	127 091 500	230 550	127 322 050	127 322 050	—	—
…dorf .	14	32	—	2148	180 333 100	5 946 250	186 279 350	185 307 350	971 500	—

Die folgende Tabelle giebt eine Uebersicht über die Production der bedeutendsten der dortigen Werke im Jahre 1870. Es ist hierbei nicht ausser Acht zu lassen, dass der Betrieb in diesem Jahre durch den Ausbruch des französischen Krieges wesentlich gestört und durch andauernde Transportbehinderungen, Kohlenmangel und Reduction der Arbeiterzahl gelähmt worden war (s. Tabelle a. f. S.).

Im Jahre 1869 waren auf 58 betriebenen Hochöfen im Oberbergamtsbezirk Dortmund mit 5098 Arbeitern

414 844 500 Kilo Roheisen in Gänzen
12 421 050 „ Gusswaaren aus dem Hochofen

zusammen 427 265 550 Kilo erzeugt worden.

Hiervon gehören mehrere der vorigen Gruppe an, daher denn auch von dieser Summe nur 422 417 700 Kilo bei Koks, 4 189 200 Kilo bei Holzkohlen und 658 650 Kilo bei Holzkohlen und Koks erblasen wurden.

Einige der hierhin gehörigen Werke sind ausführlich beschrieben.

Das dem Hörder Bergwerks- und Hüttenverein gehörige Werk zu Hörde findet sich im Jahre 1861 von Schönfelder als Beilage zur Preuss. Zeitschr. f. Berg-, Hütten- und Sal.-Wesen dargestellt. Die damals bestehenden fünf Hochöfen sind seitdem um drei vermehrt worden.

Die Hochöfen haben 16·451 Met. Höhe, die älteren besitzen ein 1·700 Met. hohes cylindrisches Gestell von 1·308 Met. Weite, welches sich in der 3·243 Met. hohen Rast auf 4·237 Met. und in dem 2·513 Met. hohen Kohlensack auf 4·499 Met. erweitert, während der 6·614 Met. hohe Schacht an der Gicht auf 2·825 Met. zusammengezogen ist.

An demselben Orte ist Johannishütte zu Duisburg beschrieben, welche jetzt drei Hochöfen besitzt. Die beiden älteren Hochöfen haben 15·693 Met. Höhe, sind im Gestell 0·942 Met., im Kohlensack 4·865 und 5·022 Met., an der Gicht 2·982 und 3·139 Met. weit.

	Hochöfen		Arbeiterzahl	Hochofenproduction
	in Betrieb	ausser Betrieb		Kilo
A. Regierungsbezirk Arnsberg.				
Hörder Eisenwerk des Hörder Bergwerks- und Hüttenvereins	6	—	630	53 337 750
Aplerbecker Hütte der Aplerbecker Commandit-Gesellschaft	3	—	270	28 777 000
Eisenwerk zu Freisenbruch des Actienvereins Neu-Schottland	2	—	267	27 353 000
Henrichshütte bei Hattingen der Discontogesellschaft in Berlin	3	1	310	24 408 500
Eisenwerk zu Dortmund von C. von Born	2	—	220	19 744 500
Hasslinghäuser Hütte des Actienvereins Neu-Schottland	1	1	127	5 266 300
Hochofenanlage Markana zu Haspe von Lange u. Comp.	1	—	67	2 700 000
B. Regierungsbezirk Düsseldorf.				
Phönix II zu Laar der Actiengesellschaft für Bergbau und Hüttenbetrieb	4	—	—	42 495 600
Hochofenanlage zu Oberhausen von Jacobi, Haniel und Huyssen	6	—	750	41 076 000
Johanneshütte bei Duisburg des deutsch-holländischen Actienvereins	3	—	305	28 535 000
Hochofenanlage Vulcan bei Duisburg der Preuss. Bergwerks- und Hüttenwesens-Actiengesellschaft	4	—	331	23 391 350
Niederrheinische Hütte bei Duisburg der Rheinischen Bergbau- und Hütten-Actiengesellschaft	4	—	302	23 391 400
Hochofenanlage Phönix I bei Borbeck der Actiengesellschaft Phönix	4	—	218	16 519 100
Hochofenanlage Phönix III bei Hinsbeck der Actiengesellschaft Phönix	2	—	175	11 841 850
Friedrich-Wilhelmshütte bei Mülheim a. d. Ruhr der Actiengesellschaft gleichen Namens	1	—	—	4 338 750

Die angeführten Quelle enthält sehr detaillirte Angaben über die Hochöfen und deren Zubehör.

Neuschottland bei Steele[1]). Hier sind zuerst die mit Blechmantel versehenen Hochöfen nach englischem Muster eingeführt worden. Die Oefen sind 15·065 Met. hoch, 5·022 Met. im Kohlensack, 3·452 Met. an der Gicht, 1·883 Met. im Gestell weit.

Die Production pr. Ofen beträgt 3500 Kilo Roheisen. Die Beschickung besteht für Stahleisen aus:

20 Proc. Blackband,
15 „ Schweissofenschlacke,
10 „ Rotheisenstein (von der Lahn),
5 „ Brauneisenstein (aus dem Siegerlande),
40 „ geröstetem Spatheisenstein (aus dem Siegerlande),
10 „ Eisenglanz (aus dem Siegerlande),

für Roheisen zu Schieneneisen und Feinkorn aus:

40 Proc. Blackband,
10 „ Rotheisenstein (von der Lahn),
10 „ Brauneisenstein (aus dem Siegerlande),
35 „ geröstetem Spatheisenstein (aus dem Siegerlande),
5 „ Eisenglanz (aus dem Siegerlande).

Born'sche Hütte bei Dortmund: Der Hochofen ist 16·321 Met. hoch, 5·022 Met. im Kohlensack, 1·883 Met. im Gestell, 3·452 Met. an der Gicht weit. Die Beschickung besteht aus Blackband des Kohlendistrictes, Rotheisenstein von der Lahn, Spatheisenstein des Siegerlandes (20 Proc.) und Schweissofenschlacken (25 Proc.).

Die bedeutendste Hochofenanlage ist gegenwärtig die des Actienvereins für Bergbau- und Hüttenbetrieb Gutehoffnungshütte zu Sterkrade (früher Jacobi, Hansel und Huyssen), welche allein zu Oberhausen zehn Hochöfen betreibt.

10 und 11. Einzelne Hütten am Südrande des Steinkohlengebietes.

Die unter Nr. 10 und 11 Abthl. I, S. 331 beschriebenen Eisenerze werden theils auf die unter 9 geschilderten Werke importirt (so die Rotheisensteine des Oberdevons nach Aplerbeck), theils werden sie auf einigen hinsichtlich der Production immerhin sehr untergeordneten Werken an Ort und Stelle verhüttet, so zu Bredelar, Warstein, und dort mit Holzkohlen verschmolzen.

Von grösserer Bedeutung ist nur das Werk zu Hochdahl, für welches indessen die (S. 332 geschilderten) Brauneisenerze, auf deren Verwendung es gegründet ist, bei Weitem nicht ausreichen, und welches sich

---

[1]) Kerpely, Fortschritte 1869, S. 140.

daher in seinem Betriebe wesentlich an die folgende Gruppe anschliesst. Dieses Werk producirte im Jahre 1870 auf vier Hochöfen 39 399 200 Kilo Roheisen.

12. Das Siegerland.

Der Hochofenbetrieb scheint im Siegerlande seine Entstehung zu haben. Obwohl bei allen alten Blauöfen hin und wieder Roheisen als unerwünschtes Nebenproduct erzeugt wurde [1]), so ist doch zuerst im Siegerlande im 15. Jahrhundert Roheisen absichtlich dargestellt worden.

Die in Abthl. I, S. 332 beschriebenen vorzüglichen Erze haben seit Alters dem dort erzeugten Roheisen einen hohen Werth und weit verbreiteten Ruf verschafft. Zwar war die Betriebsweise der Hochöfen lange Zeit hindurch eine so eigenthümliche, dass sich eine Massenproduction nicht entwickeln konnte, — es wurde nämlich jeder Hochofen von einer grossen Zahl Grubeneigenthümer mit eigenen Materialien der Reihe nach einen oder zwei Tage betrieben, — aber sobald Eisenbahnverbindungen die Möglichkeit des Koksbezuges gewährten, ging die dortige intelligente Bevölkerung sehr schnell zu richtigen, den Anforderungen der Neuzeit entsprechenden Betriebsweisen über. 1855 wurde der erste Versuch, den Hochofen mit Koks zu betreiben zu Loherhütte gemacht, aber erst seit dem Jahre 1862 begann, nachdem es Dresler zu Heinrichshütte 1861 gelungen war, Spiegeleisen mit Koks zu erzeugen, eine allgemeine Einführung dieser Betriebsart, so dass gegenwärtig der Holzkohlenbetrieb fast ganz in den Hintergrund tritt.

Das Siegerland zeigt nunmehr die Erscheinung, dass ebensowohl Koks zur Verhüttung der Eisensteine an Ort und Stelle aus Westphalen ein-, als Eisensteine zur Verhüttung bei Koks nach Westphalen ausgeführt werden.

Es ist nicht ohne Bedeutung, die Dimensionen der vor der Einführung des Koksbetriebes bestehenden Hochöfen kennen zu lernen und einige der wichtigsten sind daher in der folgenden Tabelle zusammengestellt. Man findet bei denselben meist Gestelle von oblongem Querschnitt und es muss bemerkt werden, dass bis zum Jahre 1840 die Hochöfen in allen Theilen quadratische oder achteckige Querschnitte hatten. (Siehe nebenstehende Tabelle.)

Bei dem Holzkohlenbetrieb wendet man $^2/_3$ dem Maasse nach an geröstetem Spatheisenstein, $^1/_3$ an Brauneisenerz mit geringen Mengen Rotheisenerz, selten auch rohe Spatheisensteine an. Erzeugt man graues oder weisses Frischereiroheisen, so setzt man Kalkstein, selten gebrannten Kalk, bei der Darstellung von Spiegeleisen Thonschiefer als Zuschlag.

Der Kalkstein enthält etwa 95 Proc. kohlensauren Kalk, der Thonschiefer 65 bis 75 Proc. Kieselsäure und 15 bis 35 Proc. Thonerde. Die

[1]) Vergl. Abthl. I, Rennarbeit im Stückofen.

kohlen- chofen zu	Gesammthöhe	Gestellhöhe	Gichtweite	Kohlensackweite	Rastwinkel	Gestellweite					
						Unten		Oben		Unten	Oben
						Breite	Länge	Breite	Länge	Dtr.	Dtr.
	Met.	Met.	Met.	Met.	Grad	Met.	Met.	Met.	Met.	Met.	Met.
ldinghausen.	10·671	1·569	1·098	3·139	48	0·6539	0·7062	0·7846	0·8369	—	—
. . . . . .	8·474	1·465	0·915	2·589	50	0·6800	0·6800	0·7062	0·7062	—	—
. . . . . .	12·554	1·098	1·517	3·452	65	0·7323	0·7846	0·9416	0·9939	—	—
tte	8·474	1·569	0·863	2·668	50	0·7846	0·8369	0·9416	0·9939	—	—
bach	10·043	1·569	1·255	3·452	50	—	—	—	—	0·8893	1·0985

Menge des Kalksteinzuschlages beträgt 1 bis 10 Proc., die des Schieferzuschlages $^1/_2$ bis 2 Proc. der Erzgicht.

Die Production ist der Regel nach 9000 bis 12 500 Kilo täglich, selten bis zu 14 000 Kilo, ausnahmsweise bis 19 000 Kilo steigend. Macht man hauptsächlich Spiegeleisen, so fällt davon doch der Regel nach nur 70 bis 90 Proc., der Rest ist strahliges Roheisen. Zu 10 000 Kilo Spiegeleisen werden 20 bis 24 Tonnen (à 0·2196 Cubikmet.) Holzkohle, für gewöhnliches Roheisen nur 16 bis 18 Tonnen gebraucht, d. h. dem Gewichte nach auf 100 Spiegeleisen 102 bis 120 Gewthle.; für gewöhnliches Roheisen nur 80 bis 90 Gewthle. Holzkohle.

Schon mit Anfang der sechziger Jahre begann in Folge der Eröffnung der Bahn zwischen Deutz und Betzdorf vielfach ein regelmässiger Zusatz von Koks sich Bahn zu brechen und damit stieg die Production bis gegen 15 000 Kilo, sobald nur hinreichende Gebläsekraft vorhanden war, welche allerdings meistens fehlte.

Ein gänzlich veränderter Betrieb trat nun aber mit Erbauung eigentlicher Koksöfen ein, mit denen zu Niederschelden der Anfang gemacht wurde. Die Dimensionen der grossen Kokshochöfen schwanken etwa zwischen folgenden Dimensionen: Gesammthöhe 13·8 bis 16·0 Met., Höhe des Gestells 2·5 bis 2·8 Met., Höhe der Rost 2·5 bis 3·8 Met., die Durchmesser betragen an der Gicht 3·1 Met., im Kohlensack 4·4 bis 5·3 Met., im Gestell unten 1·3 bis 2·2 Met., oben 1·6 bis 2·5 Met., die Zahl der Formen 4 bis 7. Zu den Siegener Erzen wird vielfach Rotheisenstein der Lahn zugeschlagen. Man verbraucht an Koks auf 100 Kilo Spiegeleisen 125 Kilo, auf 100 Kilo weisses Eisen 115 Kilo, auf 100 Kilo graues (Bessemer-) Roheisen 150 Kilo. Die Production pr. Tag beträgt durchschnittlich 50 000 Kilo, steigt aber auch bis 75 000 Kilo. Das Spiegeleisen, welches bei Holzkohlenbetrieb nur 5 Proc. Mangan hält, hat bei Koksbetrieb 8 bis 12 Proc.

Enge an diesen District schliessen sich die am Rhein bei Coblenz gelegenen Werke an, obwohl dieselben sich als Material des Rotheisensteins von der Lahn reichlicher bedienen und insofern auch der Gruppe 15 angehören. Es sind dies die früher fiscalischen, jetzt Fr. Krupp in Essen gehörigen Werke zu Sayn und Mühlhofen, die Concordiahütte von Lossen u. s. w.

Die Sayner- und Mühlhofer Hütte wenden namentlich die vorzüglichen Spath- und Brauneisensteinerze an, welche bei Horhausen gewonnen werden und in ihrem Vorkommen und ihrer Beschaffenheit zu den Gangnetze des Siegerlandes gehören.

Die Hütten erzeugen beinahe ausschliesslich Qualitätsroheisen, theils zur Drahtfabrikation, theils zum Kanonengusse, theils zur Bessemerstahldarstellung, für letztere namentlich Spiegeleisen.

Ueber die früheren Verhältnisse eines Theils der Werke, so lange sie in fiscalischem Besitze waren, finden sich ausführliche Mittheilungen in der Preuss. Zeitschr. f. Berg-, Hütten- und Sal.-Wesen.

Im Jahre 1865 [1]) wurde zur Darstellung von grauem Roheisen zu Saynerhütte verwendet

Brauneisenstein . . .	mit 46 Proc. Eisengehalt	im Verhältniss von	72 Thl.
„	„ 40 „	„ „ „	4 „
Thoniger Eisenstein	„ 34 „	„ „ „	24 „
Kalkstein			46 „

zur Darstellung von lichtgrauem Roheisen zu Mühlhofen:

Brauneisenstein	mit 46 Proc. Eisengeh.	im Verhältn. von	20 Thl.
Spatheisenstein	„ 40 „	„ „ „	36 „
Thon. Brauneisenstein . .	„ 34 „	„ „ „	14 „
Rotheisenstein v. Dietz . .	„ 33 „	„ „ „	10 „
„ „ Wetzlar	„ 52 „	„ „ „	20 „
Kalkstein			44 „

und letztere Beschickung in einem Hochofen von 15·222 Met. Höhe, 1·255 Met. obere und 1·098 Met. untere Gestellweite, 4·708 Met. Kohlensackweite mit drei Formen verschmolzen, wobei auf 1750 bis 2000 Kilo Beschickung 1000 Kilo Koks verbraucht und täglich 20 000 bis 25 000 Kilo producirt wurden.

Die Productionen der wichtigsten der ganzen Gruppe angehöriger Werke im Jahre 1869 und 1870 sind in der folgenden Tabelle zusammengestellt. (Siehe Tabelle auf Seite 844 und 845.)

Die Production an Rohstahleisen ist in dieser Uebersicht bei denjenigen Werken, welche solches ausschliesslich darstellten, durch fette Ziffern bezeichnet. Ausserdem sind noch von solchen Werken, welche gewöhnliches Roheisen und Spiegeleisen produciren, folgende Mengen des

[1]) Kerpely, Fortschritte der Eisenhüttentechnik im Jahre 1865, S. 133.

letzteren, welche in den aufgeführten Productionen schon enthalten sind, erzeugt werden: Von der Charlottenhütte 17 770 000 Kilo, von dem Eisenwerk Neuebrücke 1 000 000 Kilo, von der Rolandshütte 928 700 Kilo, von der Saynerhütte 6 158 000 Kilo, von der Heinrichshütte 5 782 450 Kilo, von der Hermannshütte 3 900 000 Kilo und von der Eintrachtshütte 25 750 000 Kilo.

13. Eisenwerke von Ründeroth.

Die sehr gutartigen Eisenerze in der Nähe von Ründeroth waren in älteren Zeiten Gegenstand einer lebhaften Verhüttung von Holzkohlenhochöfen. Am Schlusse der ersten Hälfte dieses Jahrhunderts erlag der dortige Hüttenbetrieb, obwohl man Koks zu Hülfe nahm, in Folge mangelnder Eisenbahnverbindung beinahe gänzlich, und ist erst neuerdings wieder nach der Erwerbung durch das Bochumer Gussstahlwerk aufgenommen worden.

14. Eisenhütten des Rheinthales.

Diese Eisenwerke, zu denen auch die in Gruppe 12 erwähnten bei Coblenz gehören, benutzen nur in ganz untergeordneten Mengen die Eisenerze des Rheinthales, welche in Abthl. I, S. 333 geschildert sind, sondern gründen ihren Betrieb auf die Verschmelzung von Eisensteinen des Siegerlandes, der Lahn und selbst auch den von Minette aus Luxemburg und Lothringen.

Zu diesen Werken gehören die Friedrich-Wilhelmshütte bei Troisdorf mit zwei Hochöfen, bekannt durch die mannigfachen von ihrem früheren Director Langen gemachten hüttentechnischen Erfindungen und Einrichtungen; ferner die Mühlheimer Hütte von Heinrich Gerike und die Neusser Eisenhütte zu Heerdt, auf welcher zuerst von den Gebrüdern Büttgenbach ein Hochofen mit freistehendem Kernschacht ausgeführt wurde. Alle diese Werke schmelzen bei Koks.

Die Friedrich-Wilhelmshütte bei Troisdorf producirte in zwei Hochöfen 1870 14 908 950 Kilo, 1869 17 218 350 Kilo.

Die Mühlheimer Hütte am Rhein mit einem Hochofen

1870 10 500 000 Kilo, 1869 5 000 000 Kilo.

Die Neusser Eisenhütte zu Heerdt in zwei Hochöfen 16 975 900 Kilo.

15. Die Eisenwerke an der Lahn.

Die reichen Rotheisensteinlager an der Lahn, welche Abthl. I, Seite 334 und 354 beschrieben worden sind, haben gegenwärtig eine grössere Bedeutung für den Export nach Westphalen, Saarbrücken u. s. w., als für die dortigen Hüttenwerke, welche sich beinahe allein auf Holzkohlenbetrieb beschränken. Die wichtigste der dortigen Hütten, an welche

Bezeichnung der Werke	Brennstoff	Hochöfen		Production	
		in Betrieb	ausser Betrieb	1870 Kilo	1869 Kilo
1. Regierungsbezirk Arnsberg.					
Charlottenhütte bei Niederschelden	K.	2	—	27 755 000	25 737 200
Eisenwerk Neuebrücke bei Finnentrop (Neu-Oeger Bergw.- u. Hüttenactienverein)	H. u. K.	3	—	15 000 000	13 975 000
Creuzthaler Hütte (Cöln-Müsener Actienverein)	K.	2	—	14 792 000	15 130 000
Rolandshütte bei Haardt	K.	1	—	14 494 350	10 220 200
Carolinenhütte bei Altenhundem der Börner'schen Gruben- u. Hüttenverwaltung	K.	1	—	8 200 000	5 950 000
Hainer Hütte	K.	1	—	8 075 000	8 070 450
Germaniahütte bei Grevenbrück (Gerlach, Gabriel u. Bergenthal)	K.	1	—	8 052 900	5 732 000
Eiserfelder Hütte, Kr. Siegen	K.	1	—	7 441 000	3 700 000
Gosenbacher Hütte, Kr. Siegen	K.	1	—	5 642 000	5 580 450
Birlenbacher Hütte, Kr. Siegen	K.	1	—	5 057 500	5 250 000
[illegible]	K.	1	—	4 000 000	4 950 000

Amalienhütte bei Niederlaasphe	[illegible]	1	[illegible]	[illegible]	[illegible]
St. Wilhelmshütte zu Suttrop	H.	1	1	1 481 100	—
Müsener Hütte (Cöln-Müsener Actienverein)	H.	1	—	1 070 000	1 497 400
Alte Wissener Hütte, Kr. Altenkirchen (Meurer'sche Gewerkschaft)	K.	2	—	16 560 000	16 310 000
Saynerhütte (Geh. Commerzienrath Krupp)	K.	3	—	13 650 300	15 697 750
Heinrichshütte bei Hamm, Kr. Altenkirchen (J. H. Dressler sen.)	K.	2	—	12 985 000	10 189 850
Niederscheldener Hütte, Kr. Altenkirchen	K.	1	—	6 494 000	4 302 550
Concordiahütte bei Mühlhofen (Gebr. Lossen)	K.	2	—	5 905 700	6 898 800
Hermannshütte bei Neuwied (H. W. Fromberg u. Dr. de Wildt)	K.	1	—	3 900 000	6 000 000
Seelberger Hütte, Kr. Altenkirchen	K.	1	—	3 224 400	3 236 600
Herdorfer Hütte, Kr. Altenkirchen	H. u. K.	1	—	1 977 150	2 367 800
Grünebacher Hütte, Kr. Altenkirchen	H. u. K.	1	—	1 904 200	1 679 150
Eisenwerk Rasselstein, Kr. Neuwied (H. W. Remy u. Comp.)	K.	1	—	1 570 000	2 260 000
Fischbacherhütte, Kr. Altenkirchen	H.	1	—	1 211 500	—
Bendorfer Hütte, Kr. Coblenz (Remy, Hoffmann u. Comp.)	K.	1	—	1 170 000	1 995 400

K. bedeutet den Betrieb bei Koks, H. den bei Holzkohlen.

sich noch die beiden im Rheingau gelegenen Werke: Nieverner- und Hohenrheiner Hütte anschliessen, sind in der nebenstehenden Tabelle mit der Production des Jahres 1870 zusammengestellt.

16. Die Gegend von Stolberg.

Die Abthl. I, S. 334 beschriebenen Eisenerze geben nur für ein einziges Hüttenwerk, die Concordiahütte bei Eschweiler, das Material. Dieses 1853 gegründete, mit drei Hochöfen versehene Werk, dessen Erzaufbereitung bereits S. 534 geschildert ist, arbeitet in Folge der mulmigen Beschaffenheit seiner Erze, sowie dem Zink- und Bleigehalt unter sehr ähnlichen Verhältnissen wie die oberschlesischen Werke; da aber die Erze nicht für den Betrieb ausreichen, so werden auch grosse Mengen fremder Erze (Rotheisenstein von der Lahn, Spatheisenstein aus Siegen etc.) verschmolzen.

Das Werk producirte 1870 12 714 650 Kilo Roheisen bei Koks.

17. Eifeler Hütten.

Im vorigen Jahrhundert war der Eisenhüttenbetrieb in der Eifel, welcher sich auf, wenn auch beschränkte, so doch theilweis vorzügliche Erzvorkommnisse gründete und mit Holzkohle geführt wurde, sehr bedeutend. In Folge der Verwüstung der Wälder und bei der wachsenden Concurrenz der Steinkohlenhütten ist er indessen gegenwärtig gänzlich zum Erliegen gekommen und die Eisenerze haben nur für den Export eine Bedeutung.

18. Soonwalder Hütten.

Der Soonwald, dessen Erze Abthl. I, Seite 335 beschrieben sind, besitzt drei Hütten, deren Hauptproduction in Gusswaaren besteht, welche theils direct aus dem Hochofen, theils durch Umschmelzung erzeugt werden.

Die Rheinböller Hütte hat zwei Hochöfen, sie erzeugte im Jahre 1870 in einem derselben 1 266 600 Kilo Roheisen und Gusswaaren und ausserdem 1 959 400 Kilo Gusswaaren zweiter Schmelzung.

Die Gräfenbacher Hütte mit ebenfalls zwei Hochöfen erzeugte neben nur 466 700 Kilo Roheisen 1 014 650 Kilo Gusswaaren zweiter Schmelzung und

Die Stromberger Hütte erblies in einem Hochofen 233 050 Kilo und erschmolz ausserdem 839 000 Kilo Gusswaaren.

19. Saarbrücker Hütten.

Die Hütten des Saarbrücker Bezirks schliessen sich eng an das dortige Kohlenbassin an, dessen sich über mehr als 50 Quadratmeilen er-

Bezeichnung der Werke	Brennstoff	Hochöfen in Betrieb	Hochofenproduction		
			Masseln und Bruchstücke Kilo	Gusswaaren Kilo	Zusammen Kilo
Nieverner Hütte, Rheingau (Actiengesellschaft)	K.	2	4 741 850	—	4 741 850
Hohenrheiner Hütte, Rheingau (Actiengesellschaft)	K.	2	4 543 350	—	4 543 350
Burger Hütte, Dillkreis (Burger Eisenwerksgesellschaft)	H.	1	1 506 250	942 450	2 448 700
Neuhoffnungshütte, Dillkreis (W. E. Haas u. Sohn)	H.	1	1 514 000	675 000	2 189 000
Eibelshäuser Hütte, Dillkreis (J. J. Jung's Erben)	H.	1	1 146 300	870 800	2 017 100
Adolphshütte, Dillkreis (Frank u. Giebeler)	H.	1	1 400 000	350 000	1 750 000
Schelder Eisenwerk, Dillkreis (Actiengesellschaft)	H.	1	924 450	793 100	1 717 550
Carlshütte, Kr. Biedenkopf (J. G. Klein)	H.	1	1 081 500	620 150	1 701 650
Neuhütte, Dillkreis (B. Hemmer u. Comp.)	H.	1	1 687 000	—	1 687 000
Justushütte, Kr. Biedenkopf (Schulz)	H.	1	630 400	717 800	1 348 200

streckenden Steinkohlenlager in der tiefsten ihrer drei Flötzgruppen vorzugsweise zur Verkokung wohl geeignete Backkohlen führen, während die mittlere Flötzpartie allerdings minder backende, die oberste nur Sinterkohlen enthält.

Das Alter des dortigen Eisenhüttenwesens ist nicht festzustellen. In der zweiten Hälfte des vorigen Jahrhunderts nahm es einen grossen Aufschwung und zahlreiche Werke wurden angelegt: man versuchte selbst damals schon Steinkohle für den Hochofen zu benutzen. Die Production war nicht hoch, so lange sich die Hütten nur der in dem Steinkohlengebirge auftretenden Eisensteine bedienten. Als seit 1848 die Hochöfen regelmässig Koks anzuwenden begannen, reichten bald diese Erze nicht aus. Man fing an fremde Eisensteine einzuführen. Mit dem Import der in Luxemburg und Lothringen in unerschöpflichen Lagerstätten auftretenden Minetten [1]) ist das Verhältniss ein demjenigen zwischen Siegerlande und Westphalen ähnliches geworden, d. h. es werden Erze nach dort zur Verschmelzung eingeführt und Koks zur Verschmelzung der genannten Erze an ihren Gewinnungspunkten ausgeführt. Unter den Saarbrücker Hütten sind zu nennen auf preussischem Gebiete:

Die Burbacher Hütte mit vier Hochöfen, wovon drei im Jahre 1870 38 529 350 Kilo Roheisen erzeugten.

Die Neunkirchener Hütte (Gebrüder Stumm) mit fünf Hochöfen 1870 21 031 600 Kilo Roheisen.

Die Geislauterner Hütte (Dillinger Eisenwerk) mit zwei Hochöfen, wovon einer 1870 4 689 550 Roheisen.

Die Dillinger Hütte (Dillinger Eisenwerk) mit einem Hochofen, 1870 8 862 350 Kilo Roheisen, und endlich

Die Halberger Hütte mit einem Hochofen und einer Production von 684 650 Kilo Roheisen.

Im Jahre 1869 producirten diese Hütten zusammen 84 715 050 Kilo Roheisen.

Auf bayerischem Gebiete liegt das Eisenwerk zu St. Ingbert (Gebrüder Krämer) mit fünf Hochöfen und einer Gusswaarenproduction von über 1½ Millionen Kilo.

20. Rechtsrheinische Hütten der Jurazone.

Die Süddeutschland durchziehende Zone von jurasischen Gesteinen besitzt verschiedenartige, theils eingelagerte, theils oberflächlich aufgelagerte Eisenerze, welche mehrfach, Abthl. I, Seite 335, 355 und 379 beschrieben worden sind. Die nördlichsten dieser Eisenerze in Oberfranken werden noch wenig verarbeitet. Nur eine Hütte erzeugte im Jahre 1870 in diesem Bezirke 518 000 Kilo Roheisen. Die dem weissen Jura oberflächlich als Bohnerze aufgelagerten Brauneisenerze liefern

[1]) Vergl. Seite 380. Zuerst 1857 zu Burbacher Hütte benutzt.

Material zur Verhüttung in Hohenzollern, während ausser diesen auch die dem braunen Jura eingelagerten Erze auf den würtembergischen Hütten verschmolzen werden.

In Hohenzollern ist das Hüttenwerk zu Laucherthal und das zu Thiergarten zu erwähnen. Ersteres mit einem 10·462 Met. hohen Hochofen, welcher in dem Kohlensacke 2·406 Met., an der Gicht 0·942 Met., im Gestell oben 0·6585 Met., unten 0·5021 Met. Weite hat, durch zwei Formen mit Wind versorgt und mit Holzkohlen betrieben wird. Dieselben producirten 1870 circa 500 000 Kilo Roheisen.

In Würtemberg sind die sechs Hochofenwerke, welche unter ähnlichen Verhältnissen arbeiten, und unter denen Wasseralfingen besonders hervorragt, fiscalisch. Sie producirten 1870 6 242 200 Kilo Roheisen.

Oberpfalz. Im Anschluss an diese Gruppe muss der Hüttenbezirk der bayerischen Oberpfalz erwähnt werden. Derselbe hat seine bedeutendste Entwickelung um Amberg, weist aber vereinzelte Werke von Passau bis zum Fuss des Fichtelgebirges auf. Die Eisenindustrie, welche früher in hoher Blüthe stand, ist in Folge der Abnahme der Holzvorräthe und in Folge der weiten Entfernung Koks liefernder Steinkohlenablagerungen sehr zurückgegangen. Der Betrieb ist jetzt hauptsächlich auf Maximilianhütte im Sauforst bei Burglengenfeld concentrirt. 1870 producirten die Werke der Oberpfalz gegen 29 000 000 Kilo Roheisen [1]).

21. Lothringen und Luxemburg.

Weit reicher an Eisenerzen als die rechtsrheinische Jurazone ist die linksrheinische, welche sich durch Luxemburg und Lothringen nach Frankreich hineinzieht und sich hier gabelförmig theilt. Diese Erze, welche in Abthl. I. auf S. 389 u. 412 beschrieben sind, und Minette genannt werden, bilden die Grundlage eines ausgedehnten Hochofenbetriebes, an Ort und Stelle, werden aber auch in grossen Mengen theils nach anderen Hüttendistricten Deutschlands, namentlich nach Saarbrücken, theils nach Belgien und Frankreich ausgeführt.

a) Lothringen.

Die Moselhüttenwerke verschmelzen die Seite 335 in der ersten Abtheilung beschriebenen jurassischen Erze, deren Lagerstätte oft bis 10 Met. mächtig auftritt, bei Koks aus dem Saarbezirke. Der Erzbezirk setzt sich über die deutsche Grenze hinaus nach Frankreich fort [2]). Die Roheisenproduction vertheilte sich 1867 folgendermaassen [3]):

[1]) Vergl. den Deutschen Katalog zu Gruppe I. der Wiener Weltausstellung 1873, vom Bearbeiter verfasst.

[2]) Die Erzzone (der Kalkminette) läuft an der Mosel und Meurthe von Longwy im Norden bis Pont St. Vincent im Süden. Die Erze sind meist in mehreren Lagern über einander vorhanden, deren Mächtigkeit zwischen 2 und 35 Met. schwankt, im Durchschnitt aber 4 Met. beträgt. Die kalkigen Erze liefern durchschnittlich 33 Proc., allerdings phosphorhaltigen Roheisens.

[3]) Zeitschr. d. oberschles. Berg- u. Hüttenm. Vereins 1871, S. 123.

Namen.	Zahl der Hochöfen	Production in Tonnen à 1000 Kilo
[illegible]	1	2 445
[illegible]	3	45 943
[illegible]	3	13 928
[illegible]	1	1 100
[illegible]	2	2 233
[illegible]	4	50 563
[illegible]	1	9 070
[illegible]	1	2 389
[illegible]	1	12 324

[illegible] dem Bezirke zwölf Hochofenwerke mit zusam[illegible] [illegible] 27 auf der linken Moselseite unmittelbar bei [illegible] [illegible] Nur zwei Hochöfen (zu Hayingen und Mutterhaus[illegible] [illegible] die übrigen mit Saarkoks. 1872 wurden 2147[illegible] [illegible] Roheisen und über 3000 Tonnen an Gusswaar[illegible] [illegible] erzeugt. Es hat Hayingen acht, Oettingen [illegible] [illegible] St. Paul und St. Benoit je drei, Ar[illegible] [illegible] die übrigen Werke je einen Hochofen [1].

[illegible] Luxemburg.

[illegible] durch seine K[illegible] [illegible] mit unerschöpflichen Eisen[illegible]

[illegible] 1872 [illegible] 17 Gruben circa 925 Mill[illegible] [illegible] Hüttenwerken 128 299 700 K[illegible] [illegible] Gusswaaren aus Erzen, [illegible] [illegible] weiten Transp[illegible] [illegible] Ausfuhr eine bedeutende Steigerung [illegible] [illegible]

[illegible] grosse [illegible]

[illegible] Saarbrücker [illegible]

[illegible]

Werthe von 89 084 985 Mark Roheisen erzeugt; im Jahre 1871 auf 211 Hütten mit 19 568 Arbeitern 1 193 713 Tonnen im Werthe von 106 722 090 Mark.

Auf Deutschland vertheilte sich die Roheisenerzeugung [1]) im Jahre 1870 wie folgt:

Preussen (sammt Anhalt)	1 156 005 950	Kilo
Luxemburg	129 440 700	„
Bayern	42 957 550	„
Sachsen	12 753 000	„
Würtemberg	10 084 550	„
Hessen	12 244 300	„
Thüringen	1 196 650	„
Braunschweig	21 066 650	„
Zusammen	1 385 749 350	Kilo

Nachdem in verschiedener Weise Beispiele des Hochofenbetriebes aus zwei der bedeutendsten eisenerzeugenden Ländern angeführt worden sind, soll hinsichtlich der übrigen Staaten nur ein kurzer Ueberblick über die Art und den Stand der Roheisendarstellung gegeben werden. Es wird dieselbe Reihenfolge innegehalten werden, welche bei der Beschreibung der Eisenerze in der Abthl. I. befolgt wurde. Zum weiteren Studium werden die wichtigsten Schriften, welche grössere Districte umfassen, citirt werden.

Ueber die verhältnissmässige Bedeutung der Eisenerzeugung der einzelnen Länder giebt die nachfolgende Tabelle (a. f. S.) von Frantz [2]) für das Jahr 1869 einen Anhalt.

Oesterreich-Ungarn.

Steyermark und Kärnthen.

Der wichtigste und bedeutendste Roheisenhüttendistrict der österreich-ungarischen Monarchie knüpft sich an die Abthl. I, S. 365 u. 366 beschriebenen Spatheisensteinlagerstätten von Steyermark und Kärnthen.

Eisen ist hier seit den ältesten historischen Zeiten durch Rennarbeit erzeugt worden, später wurde die letztere durch Hochofenbetrieb mit Holzkohlen und Verarbeitung in Frischfeuern verdrängt. Der Mangel an naheliegenden geeigneten mineralischen Brennstoffen erschwert mehr und mehr die Concurrenz des so erzeugten Eisens gegen das vom Auslande andringende bei Koks erzeugte und bei Steinkohlen verpuddelte Roheisen. Erst nach langer vergeblicher Anregung zum Uebergang zu mineralischen Brennstoffen Seitens hervorragender Eisenhüttenleute, unter denen Peter Tunner, der verdienstvolle Förderer der österreichischen Eisenindustrie, stets die leitende Rolle übernommen hatte, ist mit der

[1]) Einschliesslich der aus dem Hochofen direct erzeugten Gusswaaren.
[2]) Zeitschr. d. oberschles. Berg- u. Hüttenm. Vereins 1871, S. 78.

Länder	Production		Eisenerze		Roheisen	
	Eisenerz Kilo	Roheisen Kilo	Einfuhr Kilo	Ausfuhr Kilo	Einfuhr Kilo	Ausfuhr Kilo
Grossbritannien	11 681 152 900	5 527 443 350	133 289 800	—	—	843 966 250
Verein. Staaten von Nordamerika	4 000 000 000	1 916 641 000	—	—	325 253 400	310 300
Belgien	1 000 000 000	439 500 000	550 448 100	159 363 250	63 215 250	19 082 250
Niederlande	8 500 000	3 500 000	—	—	—	—
Schweden	627 450 000	319 350 000	—	11 368 150	—	34 436 450
Norwegen	?	12 000 000	—	—	—	—
Dänemark	—	—	—	—	9 880 500	2 430 000
Russland	76 750 000	403 950 000	—	?	70 000 000	—
Oesterreich	750 000 000	350 000 000	6 340 550	680 900	165 484 850	3 471 500
Schweiz	25 000 000	5 000 000	261 750	195 100	9 152 600	2 393 450
Italien	143 499 300	35 000 000	1 250 000	6 250 000	25 000 000	3 400 000
Spanien	385 553 200	46 119 200	—	?	?	—
Frankreich	3 250 000 000	1 046 300 000	150 000 000	300 000 000	139 113 000	45 000 000
Deutsch Elsass-Lothringen	750 000 000	310 000 000				
Deutschland, einschl. Luxemburg	4 083 806 800	1 413 029 400	242 938 800	431 852 250	204 583 250	119 555 800

Eröffnung neuer Eisenbahnen der ersehnte Uebergang eingetreten, aber noch gegenwärtig ist das natürliche Uebergangsstadium nicht überwunden. Noch schreitet die Vergrösserung der Production langsam voran, noch fehlt es an Zutrauen und das Capital hält sich zurück, aber der unerschöpfliche Reichthum an vorzüglichen Erzen wird dem Fortschritte immer eine sichere Grundlage bleiben. Ausführlich sind diese Verhältnisse in der Schrift: Die Zukunft des österreichischen Eisenwesens, insbesondere der Roheisenerzeugung, beleuchtet von P. Tunner, erörtert.

Namentlich durch die unablässige Anregung des genannten Nestors der Eisenhüttenleute ist man in diesen Gegenden in Bezug auf Details der Anlagen fast überall mit dem Auslande fortgeschritten, ja demselben oft vorausgegangen, hat wenigstens versuchsweise alle Apparate und Einrichtungen eingeführt, die sich anderwärts bewährten und nicht selten wesentliche Verbesserungen eingeführt oder ganz neue Constructionen erdacht, worüber namentlich das österreichische Jahrbuch der Montanlehranstalten eingehenden Aufschluss giebt.

Während die neuen Kokshochöfen, mit deren Errichtung man zuerst zu Lölling und Prävali in Kärnthen vorgegangen ist[1]), ganz nach den vielfältig mitgetheilten Dimensionen englischer und deutscher Oefen ausgeführt werden, haben die Holzkohlenhochöfen meist sehr verschiedene Dimensionen, wie die folgende, von Brühl entworfene Tabelle[2]) zeigt. Die meisten dieser Oefen sind als Blauöfen zugestellt.

	Vordernberger Blauöfen						Eisenerz von Wrbna	Neuberg Nr. 1	Edlach bei
	Fridau	Lilienthal	Fischer	Stadt Leoben	Rebenburg	Steyrer			
	Met.	Met.	Met.	Met.	Met.	Met.	Met.	Met.	M
Höhe	13·276	8·851	8·851	12·644	8·851	8·377	11·380	13·355	14·
d. Kohlensacks über Bodenstein	3·793	1·897	2·213	2·213	2·055	1·897	3·319	4·583	–
d. cylindrischen Kohacks	1·581	—	—	—	—	0·316	—	1·739	0·
am Bodenstein . .	1·581	1·185	1·159	1·370	1·159	1·212	1·739	1·422	0·
„ Kohlensack . .	2·371	2·055	1·897	2·371	2·055	1·897	2·529	2·687	2·
an der Gicht . . .	0·790	0·553	0·553	0·790	0·553	0·659	0·738	1·581	1·
l der Formen . . .	1·581	0·632	0·632	0·632	0·632	0·632	—	0·948	-
durchmesser	—	—	—	0·0527	0·0593	0·0527	—	0·0527 — 0·0659	-
der Formen über d. enstein	0·527	—	—	—	—	0·395	0·527	—	-

[1]) In Schwechat bei Wien wird jetzt das steyerische geröstete Erz in zwei Hochöfen bei Koks verschmolzen; in Zeltweg baut man einen Kokshochofen. Der Austausch von geröstetem Spatheisenstein und Koks wird immer lebhafter. Fünfkirchen in Ungarn, Ostrau in Mähren liefern namentlich Koks. Für Schlesien ist ein eben solcher Austausch von grösster Wichtigkeit.

[2]) Kerpely, Fortschritte 1864, S. 125. — In Fridau wird neuerdings ein fast 20 Meter hoher Holzkohlenhochofen errichtet.

Böhmen.

Auch die böhmische Eisenindustrie ist schon sehr alt. Allein auch hier beschränkte man sich nach Verdrängung der Rennarbeit lange nur auf Holzkohlenbetrieb[1]). Erst im Jahre 1854 ging man zu Kladno in der Nähe von Prag mit der Errichtung von zwei, jetzt auf fünf vermehrten Kokshochöfen vor.

Das Jahr 1869 hat indessen hier wie in Steyermark den Anfang eines Umschwungs zur erweiterten Einführung des Hochofenbetriebes mit mineralischen Brennstoffen gegeben. Die Hauptmasse der in Böhmen verhütteten Erze sind die dichten und oolithischen Rotheisensteine des Silurs[2]).

Die böhmische Eisenindustrie, deren Erzgrundlagen Abthl. I, S. 367 geschildert sind, ist von Balling im österreich. Jahrbuch Bd. 17, S. 212 u. f. ausführlich behandelt, und von Strippelmann, namentlich in Beziehung auf die Werke von Hořowitz in der Berg- und Hüttenm. Zeit. Jahrg. 1871 besprochen.

Mähren und Schlesien.

Die mährischen und schlesischen Eisenerze, welche Abthl. I. S. 367 beschrieben worden sind, werden theils auf Holzkohlenhochöfen, die indessen mehr und mehr an Zahl abnehmen, theils mit Koks verschmolzen. Bei Witkowitz wurde bereits 1828 ein Puddelwerk und bald darauf eine Kokshochofenanlage gegründet, welche ihr Brennmaterial von dem Ostrauer Kohlenbecken entnimmt. Die dortigen Verhältnisse finden sich in Dürre's Handbuch des Eisengiessereibetriebes Bd. I, S. 33 u. f. beschrieben. Die Erzvorkommnisse reichen schon gegenwärtig bei Weitem nicht mehr aus und seit Eröffnung der Oderberg-Kaschauer Bahn ist eine reiche Quelle zum Bezug guter Spatheisensteine aus Ungarn erschlossen, auf deren Ergiebigkeit hin sogar besondere neue Anlagen, wie Trzinietz, gegründet werden. Zwischen Ungarn und dem Ostrauer Kohlenbecken wird sich leicht ein ähnliches Verhältniss wie zwischen dem Siegerlande und dem Ruhrbecken herstellen lassen, so dass Brennmaterialien und Erze gegenseitig ausgetauscht werden.

Ungarn, Siebenbürgen und Banat.

Der grosse Reichthum Ungarns an Eisenerzen wird zur Zeit noch bei Weitem nicht ausreichend benutzt.

Die Verhältnisse der dortigen Eisenhütten sind von Kerpely in

---

[1]) Auf einigen Werken (Ransko und Josefsthal) verwendet man Torfkohle.
[2]) Vergl. Abthl. I, S. 367,

einem auf Veranlassung der Landesregierung veröffentlichten Werke: „Das Eisenhüttenwesen in Ungarn, Schemnitz 1872," veröffentlicht.

Auch hier liegt das Eisenhüttenwesen im Stadium des Ueberganges in eine neue Zeit, und die unter gewaltigen finanziellen Anstrengungen erstrebte Durchführung zahlreicher Eisenbahnlinien wird wesentlich zur schnelleren Ueberwindung dieses Stadiums beitragen, obwohl Mangel an geeignetem fossilen Brennmaterial mit Ausnahme des Fünfkirchener Bezirks, Mangel an geschulten Arbeitern und Schwerfälligkeit der grossen, mehr am Ackerbau hängenden Grundbesitzer vielfach hemmend wirken müssen.

Unter den sieben Hüttendistricten, welche Kerpely unterscheidet, zeichnet sich der erste, der von Siebenbürgen, namentlich dadurch aus, dass in ihm noch Rennarbeit im Stückofen betrieben wird.

Der zweite District, das Gebiet der Körös-Flüsse, ist zwar eisensteinreich, aber von geringer Bedeutung für den Hüttenbetrieb.

Noch unbedeutender ist der Theiss-District. Anders verhält es sich mit dem vierten oder Hernád- und dem fünften oder Sajó-District, welche zahlreiche Holzkohlenhochöfen aufzuweisen haben, in denen die oft vorzüglichen, vielfach allerdings durch Fahlerze, Kupferkies und Schwerspath verunreinigten Spatheisensteine aufsetzen. Beide Districte schliessen sich nördlich und südlich an den Gebirgszug des sogenannten ungarischen Erzgebirges an und bergen so bedeutende Reichthümer an Eisenstein, dass selbst, wenn an Stelle des gegenwärtigen Holzkohlenbetriebes die Anwendung von Koks eingeführt sein wird, noch ein umfangreicher Export von Eisenerz stattfinden kann. Gegenwärtig hat der letztere bereits nach Mähren und Oberschlesien begonnen.

Der sechste oder Gran-District schliesst sich eng als westliche Fortsetzung an die vorigen an und umfasst wesentlich fiscalische Hütten, unter denen besonders die zu Rhonitz von Bedeutung ist.

In dem siebenten, dem Temes-District, liegen die gegenwärtig bedeutendsten Eisenhütten Ungarns. Neben vielen Holzkohlenwerken finden sich hier auch Kokshochöfen, welche zu Anina stehen und der Staatseisenbahngesellschaft gehören. Die Erze sind theils Magnet-, Roth- und Brauneisensteine der krystallinischen Schiefer, theils Thon- und Kohleneisensteine des Steinkohlengebirges des Steyerdorfer Beckens.

Frankreich.

Die Eisenindustrie Frankreichs ist so zersplittert, wie die Eisenerzablagerungen, welche Abthl. I, S. 389 u. f. beschrieben sind. Bis zur Abgabe Lothringens an Deutschland war hier ein zusammenhängender Hüttendistrict zu finden. Diese Abtretung hat Frankreich um circa $^1/_4$ seiner Roheisenproduction gebracht.

1855 producirte Frankreich 880 286 1/2 Tonne, 1869 1 356 300 Tonnen à 1000 Kilo Roheisen [1]; 1/5 der Gesammtproduction ist Holzkohlenroheisen.

In dem jetzigen Gebiete Frankreichs reichen die Erzvorkommnisse beinahe an keinem Orte zur Versorgung grosser Hüttenwerke aus, und wo solche bestehen, müssen sie meist zu fremden Erzen, die selbst in grosser Menge aus Afrika kommen [2], Zuflucht nehmen. Wie schädlich muss unter solchen Verhältnissen für Frankreich ein Schutzzoll auf Roheisen wirken!

Belgien und Niederlande.

Die Eisenindustrie Belgiens nahm bei Entwickelung des Kokshofenbetriebes in der Mitte dieses Jahrhunderts [3] die erste Stelle in Bezug auf Fortschritte in dem Betriebe der Hochöfen und der Anwendung von Apparaten und Vorrichtungen ein, wurde aber dann wieder durch Deutschland und England überflügelt.

Belgien, reich an guten Erzen und Kohlen, hat trotzdem den Nachtheil hoher Selbstkosten zu überwinden, weil die Förderung der Kohlen in Folge grosser Tiefe der meist steil gelagerten Flötze sehr kostspielig ist [4]. Belgiens Eisenindustrie ist vielfach, namentlich in dem Glanzpunkte ihrer Entwickelung von Valerius in seinem Handbuche der Eisenhüttenkunde ausführlich beschrieben worden.

1870 producirte Belgien 565 324 Tonnen à 1000 Kilo Roheisen.

Die Hauptbezirke für die Roheisenfabrikation gruppiren sich um Charleroi und Lüttig. Die Rotheisenerzlager Namurs, welche Abthl. I. S. 410 geschildert sind, liefern für beide Bezirke das wichtigste Material, welches gemischt mit den mulmigen Brauneisenerzen, Minette und Schweissofenschlacken die Beschickung abgiebt, für die der Kohlenkalkstein einen brauchbaren Zuschlag liefert.

Als Brennmaterial dienen beinahe ausschliesslich Koks, zu denen die Steinkohlenformation reichlich geeignetes Material gewährt.

Bei Charleroi sind besonders die Werke zu Couillet, Monceau, Montigny, Providence, Chatelineau, bei Lüttig die zu Seraing [5], Espérance, Ougrée und Sclessin hervorzuheben.

---

[1] Zeitschr. d. oberschles. Vereins 1871, S. 35.

[2] Creusot, das bedeutendste Werk Frankreichs, besitzt 15 Hochöfen von 15.87 Met. Höhe; ausser den im Steinkohlengebirge und dessen Umgebung vorkommenden Eisenerzen werden spanische, albanische und afrikanische (namentlich tunesische und algierische) benutzt. Die Oefen haben im Kohlensack 5·197 Met., an der Gicht 3·573 Met., die Production pr. Ofen ist wöchentlich circa 100 000 Kilo, der Gehalt der Beschickung 28 Proc., der Koksverbrauch zu 100 Kilo Roheisen 121 Kilo.

[3] Die Kokshochofenindustrie wurde hier in den dreissiger Jahren eingeführt.

[4] Die Luxemburger Eisenindustrie ist ein wichtiger und nicht zu unterschätzender Concurrent der belgischen.

[5] Vergl. Dürre in der preuss. Zeitschr. f. Berg-, Hütten- und Sal.-Wes. 1874, S. 262. Seraing wurde 1817 von John Cockerill gegründet.

Im Anschlusse an Belgien sind noch die Niederlande zu erwähnen, welche eine sehr geringe eigene Production von Roheisen aus den bei Kerkrade gewonnenen Kohleneisensteinen und den bei Raalte, Dieperven etc. vorkommenden Raseneisenerzen, im Uebrigen eine sich fast balancirende Ein- und Ausfuhr von Roheisen aufzuweisen haben.

Schweden und Norwegen.

Die Eisenindustrie Schwedens und Norwegens ist noch heutigen Tages im Wesentlichen auf den Verbrauch von Holzkohlen beschränkt. Die skandinavische Halbinsel besitzt ausser den für den Hochofenbetrieb ungeeigneten Liaskohlen von Schonen keine Steinkohle und muss daher das fossile Brennmaterial für das Eisenhüttenwesen aus dem Auslande (namentlich England) einführen. Man findet daher den Kokshochofenbetrieb auch nur ganz vereinzelt (z. B. Högbo bei Gefle).

Von den in Abthl. I, S. 416 u. f. beschriebenen Erzen werden die See- und Morasterze nur ganz untergeordnet zur Gusswaarenerzeugung benutzt. Von den 1868 geförderten 420 000 Tonnen Eisenerzen waren nur 12 708¾ Tonnen von der genannten Gattung.

207 Holzkohlenhochöfen mit circa 30 000 Kilo wöchentlicher Production erzeugten 1868 309 461½ Tonne Roheisen. Die Magneteisenerze, welche das wesentlichste Material bilden, werden meist mit Hochofengasen stark geröstet, dann zerkleinert und in 8·91 bis 9·39 Meter hohen Oefen zuweilen ohne, gewöhnlich mit einem sehr geringen Zuschlag von Kalkstein verschmolzen. Die Hochöfen liegen ganz vereinzelt und zerstreut, oft sehr weit von den Erzfeldern entfernt. Ihre Lage ist meist durch den bequemsten Bezug für die Holzkohle oder durch ein zur Betriebskraft ausreichendes Wassergefälle oder durch eine Wasserstrasse zur Abfuhr der Producte bedingt. Der Betrieb der Hochöfen wird gewöhnlich mit grosser Sorgfalt geführt und die neueren Anlagen zeichnen sich durch zweckmässige Anordnung und rationelle Benutzung der gegebenen Verhältnisse aus.

Das aus den Bergerzen erblasene Roheisen wird zum grössten Theil zu Stabeisen und Stahl verarbeitet.

Eingehende Mittheilungen über den Betrieb der schwedischen Hochöfen finden sich in der Preuss. Zeitschr. f. Berg-, Hütten- u. Sal.-Wesen 1866, S. 123 von Mosler, ebendas. 1867, S. 8 u. f. vom Verfasser, und in der Berg- und Hüttenm. Zeitung 1871, S. 43 von E. Westman.

Von ganz geringer Bedeutung ist der Eisenhüttenbetrieb in Norwegen, wo der Erzreichthum zwar nicht mangelt, aber wo es viel schwieriger als in Schweden ist, geeignete Arbeitskräfte zu erhalten.

Auch über den dortigen Betrieb giebt ein Aufsatz von Mosler in der Preuss. Zeitschr. f. Berg-, Hütten- u. Sal.-Wesen 1866, S. 84 nähere Mittheilungen.

Italien, Spanien und Portugal

haben für die europäische Eisenindustrie nur insofern eine w- gehende Bedeutung, als sie ihre Erze theilweise als Material fü Hochofenbetrieb anderer Länder, namentlich Frankreichs und Eng versenden.

Russland.

Die Eisenindustrie Russlands concentrirt sich gegenwärtig au nige Bezirke, nämlich den Ural, den District von Moskau, Finnlan Polen. Eine neue Entwickelung beginnt ferner in den Districte Donezgebietes und des Kaukasus.

Die Production im Jahre 1868 vertheilte sich wie folgt:

Bezeichnung der Werke	An Eisenerzen		An Roheisen	
	gewonnen	verschmolzen[1])	in Ganzen	i
	Kilo	Kilo	Kilo	
Hochöfen der Krone in Russland . . .	71 430 200	70 333 100	27 379 150	
„ des kaiserlichen Cabinets . .	3 351 450	2 919 050	1 100 200	
„ von Privaten am Ural . . .	378 603 350	392 410 400	169 561 050	2
„ in der Nähe von Moskau . .	116 702 450	135 175 000	42 165 150	1
„ der westlichen Provinzen . .	492 950	20 235 450	4 052 050	
„ von Privaten in Sibirien . .	3 176 300	6 256 600	3 284 050	
„ der Krone in Polen	32 328 050	26 537 300	7 500 750	
„ von Privaten in Polen . . .	6 529 400	3 713 850	1 720 200	
„ „ „ „ Finnland . .	41 832 750	41 833 250	15 079 600	
	654 446 900	699 414 000	271 842 200	
			323 926	

Alle diese Hochöfen werden mit Ausnahme einiger in Polen mit und des zu Lissitschansk im Donezgebiete versuchsweise mit Kok roher Steinkohle betriebenen Ofens nur mit Holzkohle gespeist. allen Districten ist der Ural der bedeutendste. $^2/_3$ der gesammten eisenproduction gehören ihm an.

[1]) Einschliesslich eisenhaltiger Schlacken.

Die reichen Magneteisensteinlager geben das Erzmaterial, welches in sehr hohen Oefen[1]) mit kräftigen Gebläsen bei Holzkohlen verschmolzen wird. Wasserkraft dient der Regel nach allein zum Betriebe. Die Hochöfen haben meist sehr weite Gichten (1·829 bis 2·743 Met.), verhältnissmässig enge Gestelle (0·610 bis 0·762 Met.) und eine geringe Anzahl von Formen, oft nur eine von grosser (0·127 Met.) Weite. Die Raschette-Form, d. h. der oblonge Querschnitt des Schachtes mit 6 bis 12 Gebläse-Formen ist nicht selten.

Offene Brust, unerhitzter Wind und fehlende Benutzung der Gichtgase sind die grössten Mängel der sonst sehr gut eingerichteten Hochöfen.

Die Erze werden in Haufen geröstet und oft ohne jeden Zuschlag auf meist graues Roheisen verschmolzen.

Der Mangel an Holzkohlen hat auf Versuche geführt, die am Abhange des Urals auftretenden Steinkohlen zu benutzen, doch ist es wahrscheinlich, dass deren Anwendung weniger für den Hochofenprocess als für die Weiterverarbeitung des Roheisens stattfinden könne.

Die Verhältnisse des uralischen Districts sind ausführlich von Tunner in der Schrift: Russlands Montan-Industrie im Jahre 1870, beleuchtet.

Der Moskauer Bezirk ist kein zusammenhängender Hüttendistrict. Die Hochöfen, sämmtlich mit Holzkohlen betrieben, liegen vereinzelt und verschmelzen theils Sphärosiderit und thonige Brauneisensteine des unteren Steinkohlengebirges, theils oberflächtig abgelagerte Rasenerze.

Das Donez-Gebiet mit seinem nicht unbedeutenden Steinkohlenreichthum und jedenfalls vielfachen, wenn auch noch wenig aufgeschlossenen Eisensteinlagern ist als dasjenige zu bezeichnen, auf welches sich die zukünftige Entwickelung der russischen Eisenindustrie hauptsächlich gründen wird.

Ueber die dortigen Verhältnisse geben theils die Arbeiten des russischen Geognosten Helmersen, theils die Aufsätze von Erbreich[2]) und Seebold[3]) Aufschluss.

Die Werke Polens entsprechen in ihren Erzverhältnissen ganz denen Oberschlesiens. Hinsichtlich der Kohlen theilen sie den Mangel backfähiger Arten mit dem östlichsten Theile Schlesiens, und werden daher wie jene in Zukunft besonders auf den Betrieb mit rohen Steinkohlen angewiesen sein.

Finnland hat zwar Magneteisensteine, aber diese reichen nicht zum Betriebe der dortigen Hochöfen aus und es werden daher solche aus Schweden noch eingeführt. Ausserdem dient als wichtiges Material zur Eisenerzeugung das reichlich vorkommende Seeerz. Als Brennmaterial bedient man sich auffallender Weise einer Mischung von Holz, Holzkohle

---

[1]) Oft über 15 Met. — [2]) Berggeist 1871, Nr. 54. — [3]) Preuss. Zeitschr. f. Berg-, Hütten- u. Sal.-Wes.

und englischem Koks. Die Form der Hochöfen ist theilweise[1]) die Raschette'sche.

Der Kaukasus ist zwar reich an Eisenerzen, aber es besteht dort bisher nur ein einziger Hochofen zu Tschataksheg, der meist ausser Betrieb ist.

Russlands Eisenindustrie ist lange auf gleichem Productionsniveau stehen geblieben, ja verdankt ihr Bestehen zum Theil nur einem hohen Schutzzoll. Mangel an Communicationswegen, an Brennstoff und an brauchbaren Arbeitern und Beamten haben diesen Stillstand hervorgerufen, gegen den namentlich die Regierung mit allen möglichen Mitteln anzukämpfen bestrebt ist. Aber erst wenn reichliche Eisenbahnlinien den Verkehr auf so grossen Gebieten erleichtern, wenn das falsche Mittel des Schutzzolls gefallen sein wird, wenn bessere Bildung der arbeitenden Classen diese zu arbeitstüchtigen Menschen und eine zweckmässige Wahl der Beamten eine weniger selbstsüchtige und mehr für das Gedeihen der Werke besorgte Leitung geschaffen haben wird, kann ein erneuter Aufschwung erwartet werden.

Asien und Afrika.

Was von der asiatischen und afrikanischen Eisenindustrie zu sagen ist, das findet sich unter den in der ersten Abtheilung Seite 486 u. s. behandelten Rennarbeiten.

Amerika.

Nordamerika.

Percy theilt Folgendes über die Entwickelung des Eisenhüttenwesens bis zum Kriege mit: „Es liegt hier oberhalb der Thomashütte mit zwei Oefen der Lehigh-Valley-Hochofen, unterhalb die fünf Oefen der Crane-Company, die vier der Allentown-Iron-Company, das Walzwerk von Haywood u. Comp., dann, nachdem der Fluss nordöstliche Richtung eingeschlagen hat, die Zinkhütte von Bethlehem, die drei Oefen und das Walzwerk Glendon, die South-Easton-Oefen, die drei Philippsburg-Oefen und schliesslich schon am Delaware die Durham-Hochöfen. Fast alle diese Hochöfen haben bedeutende Dimensionen, 4·267 bis 6·706 Met. im Kohlensack, 13·716 bis 18·288 Met. Höhe, eine jährliche Production von 8000 bis 12 000 Tonnen Roheisen. Die Erze sind Brauneisenstein aus dem Untersilur des Great-Valley und Magneteisenstein von dem South Mountain. In Maunch-Chunk, wo der Lehigh aus der Kohlenregion kommt, wurden die ersten Versuche angestellt, mit Anthracit zu schmelzen. S

[1]) Z. B. zu Raiwola.

verflossen zehn Jahre, bevor Thomas von Wales kam, um seinen Pioneer-Ofen zu Pottsville am Schuylkill im Jahre 1837 anzublasen. Als hier Erfolg sichtbar war, und während Thomas die Crane-Oefen baute, kamen bereits am unteren Schuylkill, wenige Meilen oberhalb Philadelphias, Anthracitwerke in Gang, und seitdem haben die beiden Ströme im Eisenhüttenwesen stets rivalisirt. Der Lehigh führt seinen Oefen den harten aber reinen Anthracit zu, der Schuylkill liefert weichere Kohlen aus der Potsville-Mulde. Später wurden auch am Susquehanna Oefen erbaut, welche die noch weicheren Anthracite von dem westlichsten Theil der Kohlenablagerung verbrauchten. Von grossem Werth wurden bald die grauen Magneteisensteine des South-Mountain zwischen Schuylkill und Susquehanna, wo die Ablagerungen zu Cornwall bei Lebanon das Hauptmaterial für wenigstens zwanzig Oefen lieferten, ein Material, welches mit den Brauneisenerzen des Untersilurs der Landschaft Lancaster und dem Rotheisenstein des Obersilurs von Danville und Bloomsburg gattirt wird. Schon 1854 betrug die Production von Anthracitroheisen in dieser ganzen Gegend circa 200 000 Tonnen und circa 100 000 Tonnen in New-York, New-Jersey und Maryland, 1856 in Pennsylvanien 307 000 Tonnen und 87 000 Tonnen in den drei anderen Staaten. Die Geldkrisis des Jahres 1857 brachte die Production wieder herab, doch stieg sie bald wieder, und der 1860 ausbrechende Krieg führte sie anfangs zu einer ungeheuren Höhe. Das Herabgehen der Production hatte indessen einen sehr wohlthätigen Einfluss durch Herbeiführung einer besseren Oekonomie, namentlich mit Rücksicht auf das Verwaltungspersonal aller dieser Werke.

In dem Districte von Pittsburg, wo sich die Stahlfabrikation besonders festgesetzt hat, ist in Folge der Entdeckung von guter, roh zu verwendender Kohle im Liegenden der Kohlenformation am Alleghany gleichfalls ein Eisenindustriebezirk entstanden, ein Ersatz für die früher dort befindlichen, aus Mangel an Brennmaterial kalt gelassenen vierzig bis fünfzig Holzkohlenhochöfen. Brauneisenerz giebt auch hier das vorzügliche Material der Eisenerzeugung.

Bei Youngstown und Zanesville in Ohio sind dieselben Erze in Gattirung mit gewöhnlichem Thoneisenstein und Magneteisenstein vom Obernsee mit rohen Kohlen seit mehreren Jahren verschmolzen worden, aber das Eisen war immer von geringer Güte.

In West-Kentucky und West-Tennessee, der Gegend von Eddyville und Clarkesville, gab es 45 Holzkohlenhochöfen mit einer jährlichen Production von 50 Millionen Kilo. Der Krieg hat diesen Eisenhüttenbezirk zum Erliegen gebracht.

Aus demselben Grunde sind die Werke von Ost-Tennessee zu Grunde gegangen, während die von Nord-Carolina und insbesondere diejenigen der Gegenden von Dahlonega in Nord-Georgia und Ost-Alabama zu erneueter Thätigkeit angespornt wurden, um die Südstaaten mit Schienen, Maschinen, Locomotiven, Kanonen und anderen Waffen zu versehen.

Uebrigens ist in Nord-Carolina gutes Erz in Menge, und obgleich sich nur eine Steinkohlenmulde daselbst vorfindet, sind andere Kohlenbassins z. B. das von Ost-Tennessee, durch Eisenbahnen so eng damit verbunden dass auf eine gute Entwickelung daselbst für die Zukunft zu rechnen ist.

Im Norden kann sich die Anthraciteisen-Industrie ebenso sicher ausdehnen; Eisenerz und Kohlen begünstigen dies. New-Jersey beginnt erst seinen Erzreichthum zu erschliessen, Morristown wird sich zu einem Eisendistrict umwandeln, sobald Brennmaterial und Erz durch Eisenbahnen zusammengeführt werden können. Schon sind die Kohlenbecken von Carbondale oder Wyoming und von Mohanoy dem Markte des Hudsonstromes erschlossen und am Champlainsee erheben sich bereits viele Hochöfen, gegründet auf die reichen Magneteisenerzlager daselbst.

Die Roheisenproduction Nordamerikas hat in erstaunlichem Grade zugenommen [1]). Sie betrug an Anthracitroheisen im Jahre 1865

487 262 150 Kilo,

1869 schon 986 751 600 Kilo. Von letzterer kommen auf

	Kilo
Massaschussets	4 267 470
New-York	213 734 370
New-Jersey	55 070 730
Pennsylvania	703 867 980
Maryland	9 302 080

Ebenso hat das Verhältniss der Koksroheisenproduction zugenommen. Sie stieg von 1854 mit 55 360 300 Kilo bis 1869 auf

562 230 500 Kilo

und ist durchschnittlich um 54½ Proc. jährlich gewachsen.

Die Holzkohlenroheisenproduction rückt immer weiter nach West vor. 1869 lieferten, abgesehen von 38 610 500 Kilo, die in Neu-England producirt wurden, New-York, New-Jersey, Pennsylvania und Maryland 136 152 700 Kilo, die westlichen Staaten 209 817 400 Kilo, die südlichen 13 869 300 Kilo. Dieser Production von zusammen 398 449 9.. Kilo stehen 1865 266 656 600 Kilo gegenüber.

Die Gesammtproduction von Roheisen in den Vereinigten Staaten hat sich demnach von 1865 mit 945 956 600 Kilo bis 1869 auf

1 947 432 000 Kilo,

also um mehr als das Doppelte vermehrt.

Nordamerika vereinigt in seinen grossen Schätzen an theils verkokungsfähigen, theils im rohen Zustande brauchbaren Kohlen, an seinen reichen Erzlagern, den guten Wasserstrassen u. s. w. alle Grundlagen, welche ihm den wichtigsten Rang in den eisenerzeugenden Staaten sichern.

---

[1]) Vergl. Zeitschr. f. Gewerbe etc., Organ des oberschles. Berg- und hüttenmännisch. Vereins. 1871, S. 78.

Weit ungerechtfertigter als in Russland, aber daher auch weit nachtheiliger wirkend ist hier der Schutzzoll.

Der wichtigste Eisenhüttendistrict der Vereinigten Staaten ist Pennsylvanien, wo am Ostabhange des Alleghany-Gebirges anthracitische, am Westabhange backende Kohlen die Brennmaterialgrundlage abgeben. Die eigenen Erze dieser Gebiete reichen bei Weitem nicht aus und die Anthracithütten beziehen aus den Staaten New-Jersey, New-York und Connecticut die S. 432 und 433, Abthl. I, geschilderten Erze, während der Backkohlendistrict diejenigen von Missouri, Wisconsin und Michigan, sogar solche aus Canada (vergl. Abthl. I, S. 435) zu Hülfe nehmen muss.

Nachdem im Jahre 1837, wie bereits erwähnt, die ersten Versuche, den Anthracit im Hochofen zu verwenden, im Lehigh-Thale gemacht waren, begann seit 1840 der regelmässige Gebrauch.

Der Anthracit hat durchschnittlich 5 Proc., selten bis 10 Proc. Asche, giebt 5 Proc. gasförmige Bestandtheile bei der Erhitzung ab und besitzt selten über 0·25 Proc. Schwefel.

Die Eisensteine des Districtes selbst sind Brauneisenerze, die eingeführten meist Magneteisenerze.

Es lassen sich hier die vier Gruppen des Schuylkill-Thales bei Philadelphia, des Susquehanna- und Lebanon-Thales, des Lehigh-Thales und des Hudson-Thales (zwischen New-York, Troy und Lake Champlain) unterscheiden.

Die Werke sind zum grossen Theil in ihren Anlagen den südwalesischen, deren eine in Abthl. II, S. 31* abgebildet ist, nachgebaut, d. h. die Dampfkessel für die Gebläsemaschinen liegen über der Hüttensohle. Die Windpressung ist hoch (0·44 bis 0·51 Kilo pr. Quadratcent.); der Wind wird in Hosenröhrenapparaten erhitzt. Die Gase werden durch Oeffnungen im Schachte entzogen, die Gicht ist häufig durch den Parry'schen Trichterapparat geschlossen. Das Gestell der Hochöfen ist zum Theil sehr weit (auf der Thomashütte 3·353 Met.).

Der westliche District, der in der Umgegend von Pittsburg concentrirt ist, hat reiche und leicht zu gewinnende Flötze backender Kohle, ist aber arm an Eisenerzen, so dass der grösste Theil Roth- und Magneteisenerz importirt werden muss. Die mit Koks betriebenen, nach schottischem Muster gebauten Oefen haben circa 13·716 Met. Höhe, 1·829 Met. im Gestell, arbeiten mit sechs Formen, erhitztem Winde und Gasentziehung.

Westlich von dem Pittsburger District liegt das Hüttenrevier von Ohio, wo die magere Steinkohle roh im Hochofen benutzt wird. Als Erze dienen theils die Thon- und Brauneisensteine der Steinkohlenformation, theils die eingeführten Rotheisensteine vom Lake superior. Die südlichen Werke verschmelzen die ersteren Erze allein, die nördlichen hauptsächlich die letzteren. Bei Cincinnati werden auch Hochöfen mit einem Gemisch von Koks und roher Steinkohle betrieben, man muss aber dort die Erze von Missouri und Tennessee beziehen.

Die weiter westlich gelegenen Eisenhüttendistricte sind auf die reichen Eisenerzlagerstätten in Missouri (Iron mountain und Pilot Knob) und am Lake Superior gegründet.

In Missouri wird schon seit 1826 Hochofenbetrieb geführt. Das Erz des Eisenlagers ist ein sehr reiner Rotheisenstein, der im Porphyr auftritt und befreit von letzterem nur 1 bis 2 Proc. fremder Bestandtheile enthält. Etwas weniger reich (55 Proc. Eisen) ist das des Pilot Knob. Diese Erze werden meist exportirt und nur zu kleinem Theile an Ort und Stelle bei Holzkohlen verschmolzen. Die nächsten auf mineralischen Brennstoff gegründeten Hochöfen sind die von St. Louis, wo dieselben Erze in 17·069 Met. hohen, im Gestell 1·829 Met. weiten Oefen bei Koks und roher Kohle verarbeitet werden. Man verwendet indessen nicht die naheliegende Kohle von Illinois, sondern bezieht Kohle aus Indiana und sogar Koks aus Pittsburg. Jedenfalls ist hier ein wichtiger Ort für eine grossartige Entwickelung des Hochofenbetriebes. 1870 bestanden daselbst schon vier Werke mit sieben Hochöfen.

Von allen Districten der wichtigste ist der des Lake superior oder von Marquette, welcher sich auf der nördlichen Halbinsel des Staates Michigan concentrirt. Das kolossale Vorkommen von circa 62 Proc. Eisen haltendem Rotheisenstein ist die Grundlage der Eisenindustrie; untergeordneter tritt Magneteisenerz auf.

Auch dieses Erz wird zum grössten Theil exportirt und zwar in dem Maasse, dass bereits 1870 $^1/_4$ der gesammten Roheisenproduction Nordamerikas aus demselben erfolgte. Es wurden circa 813 000 Tonnen à 1000 Kilo verwendet.

An Ort und Stelle wird nur ein kleiner Theil bei Holzkohlen in 12·192 Met. hohen, im Gestell 0·914 Met. weiten Hochöfen verhüttet. Jeder Ofen producirt circa 15 000 bis 19 000 Kilo pr. Tag. Der Kohlenverbrauch pr. 100 Kilo Roheisen beträgt 110 bis 150 Kilo. Das Ausbringen 60 bis 65 Proc.

Man hat indessen auch in Marquette selbst damit begonnen, Steinkohlen zum Hochofenbetrieb als Rückfracht aus Indiana und Ohio zum Hochofenbetrieb zu beziehen.

Dieselben Erze werden in Chicago mit roher Kohle aus Indiana und Koks aus Pennsylvanien und in Milwaukee, wo übrigens noch ein mächtiges Lager oolithischen Eisenstein liefert, verarbeitet.

Unbedeutende Anfänge einer Eisenhüttenindustrie bieten die südlichen Staaten, in denen man in Georgia und Alabama Eisenerzlager von Brauneisenstein und oolithischen Erzen entdeckt hat.

Die Verhältnisse der Eisenhütten der Vereinigten Staaten von Nordamerika sind früher von Lesley, Iron manufacturers Guide, neuerdings von Dr. Gustav Klüpfel in der Berg- und Hüttenmännischen Zeitung, Jahrgang 1871, und von Hugo Hartmann, ebendaselbst 1872, beschrieben worden.









